

# 泊発電所

## 敷地地盤の振動特性について

### (コメント回答)

---

平成25年10月2日  
北海道電力株式会社

## 敷地地盤の振動特性(コメント回答)

1. 地下構造に関する調査結果	6
2. 地震観測記録を用いた検討	14
2.1 地震の到来方向及び敷地地盤の傾斜構造による影響の検討	15
2.2 安山岩及びD級岩盤による影響の検討	30
2.3 1, 2号炉観測点と3号炉観測点との比較	34
2.4 1号原子炉建屋と3号原子炉建屋で観測された地震動の比較	36
3. 敷地地盤の振動特性に関するまとめ	38
4. 地下構造モデルの設定	40

## 第5回審査会合でのご説明内容

### ●敷地及び敷地周辺の地下構造

- 地震基盤とみなせるP波速度6.0km/sの層は、敷地周辺では標高-2200m程度で大局的には平坦である。
- 敷地の地盤は、全体的にS波速度約1.0km/s以上の硬質な地盤である。
- 敷地は、凝灰角礫岩及び凝灰岩等を主体(3号炉側に一部安山岩が分布)とした地質構造であり、ほぼ海岸線に平行する走向で、海山方向へ傾斜する同斜構造となっている。
- 敷地地盤は硬質で、速度構造に極端なコントラストのある部分が存在していない。

### ●地震観測記録を用いた検討

- 敷地における地震観測記録の応答スペクトルは、Noda et al. (2002) による応答スペクトルとほぼ同様な傾向にある。
- 標高+2.3mと標高-250mの応答スペクトル比に基づき、敷地地盤の増幅特性及び到来方向別の増幅特性を検討した結果、それぞれ特異な傾向及び特徴的な傾向の違いはみられない。
- 異なる観測点間の応答スペクトル比に基づき、敷地内の増幅特性を検討した結果、上部に安山岩が分布している3号炉観測点は、1, 2号炉観測点と比較して、地震動が概ね増幅しない傾向にある。

## 敷地地盤の振動特性(コメント回答)

No	コメントの要旨	備考
1	・主に1, 2号炉観測点の地震観測記録を用いて検討しているが, 3号炉観測点の地震観測記録も用いて傾斜構造の影響を含めた敷地地盤の振動特性を検討すること。	第5回原子力発電所の新規制基準適合性に係る審査会合 (平成25年7月31日)
2	・3号炉側の地盤には, 安山岩が分布し, その下にD級岩盤があるので, これが地震動に与える影響について説明すること。	第5回原子力発電所の新規制基準適合性に係る審査会合 (平成25年7月31日)
3	・1, 2号炉観測点と3号炉観測点の地震観測記録の比較は, 標高+2.3mの地中の観測記録を用いているが, それぞれの観測点で地表面からの深さが異なるため, はぎとり波を用いたほうがよい。	第5回原子力発電所の新規制基準適合性に係る審査会合 (平成25年7月31日)
4	・標高-250m以深について, 経験的増幅特性等により影響を評価するとよい。	第5回原子力発電所の新規制基準適合性に係る審査会合 (平成25年7月31日)
5	・弾性波探査結果からレンズ状の地質構造がみられるので, フォーカシングの影響について検討して欲しい。	第5回原子力発電所の新規制基準適合性に係る審査会合 (平成25年7月31日)

 今回ご説明

 今後, ご説明予定

## 敷地地盤の振動特性(コメント回答)

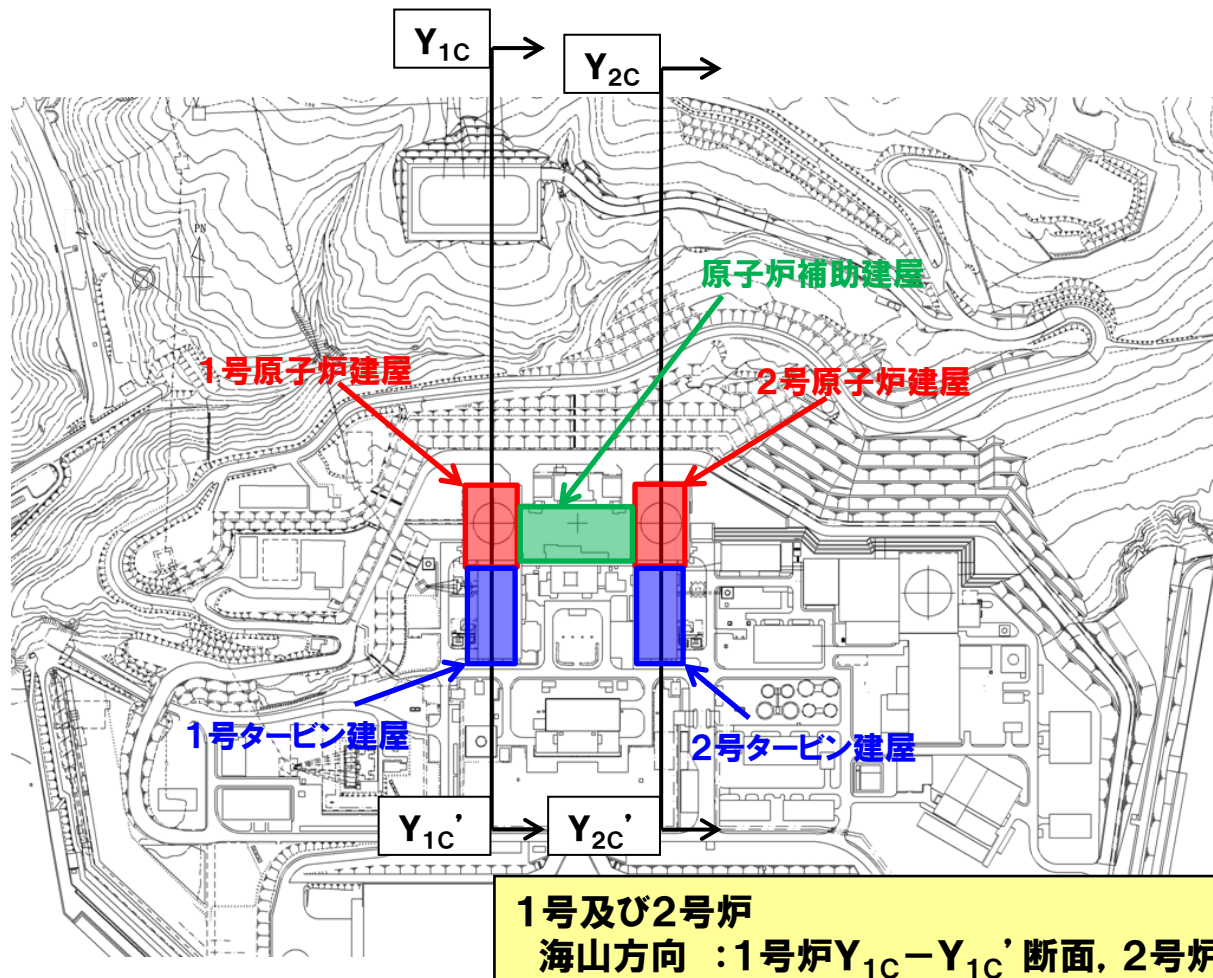
- 1, 2号炉観測点, 3号炉観測点における地震観測記録を用いて, 鉛直アレー観測点間の応答スペクトルの比及びフーリエスペクトルの比による分析を行い, 以下を確認
  - ・地震の到来方向による特異な増幅傾向の有無
  - ・敷地地盤の傾斜構造による特異な増幅傾向の有無
- また, 敷地周辺その他機関の観測点における地震観測記録も用いて, 以下を確認
  - ・地震の到来方向による特異な増幅傾向の有無.....(2. 1)
- 3号炉観測点における地震観測記録を用いて, 鉛直アレー観測点間のフーリエスペクトルの比による地盤の増幅特性に関する分析を行い, 以下を確認
  - ・3号炉側の地盤に分布している安山岩及びD級岩盤による特異な増幅傾向の有無.....(2. 2)
- 1, 2号炉観測点及び3号炉観測点における地震観測記録を用いて, はぎとり波を含めた応答スペクトル比較を行い, 以下を確認
  - ・同深度における両観測点の地震動の関係
  - ・解放基盤表面相当レベルでの両観測点の地震動の関係
  - ・1号原子炉建屋と3号原子炉建屋で観測された地震動の関係.....(2. 3及び2. 4)

# 1. 地下構造に関する調査結果

# 1. 地下構造に関する調査結果

・地下構造に関する調査結果より、敷地は、凝灰角礫岩及び凝灰岩等を主体(3号炉側に一部安山岩が分布)とした地質構造であり、ほぼ海岸線に平行する走向で、海山方向へ傾斜する傾斜構造となっている。

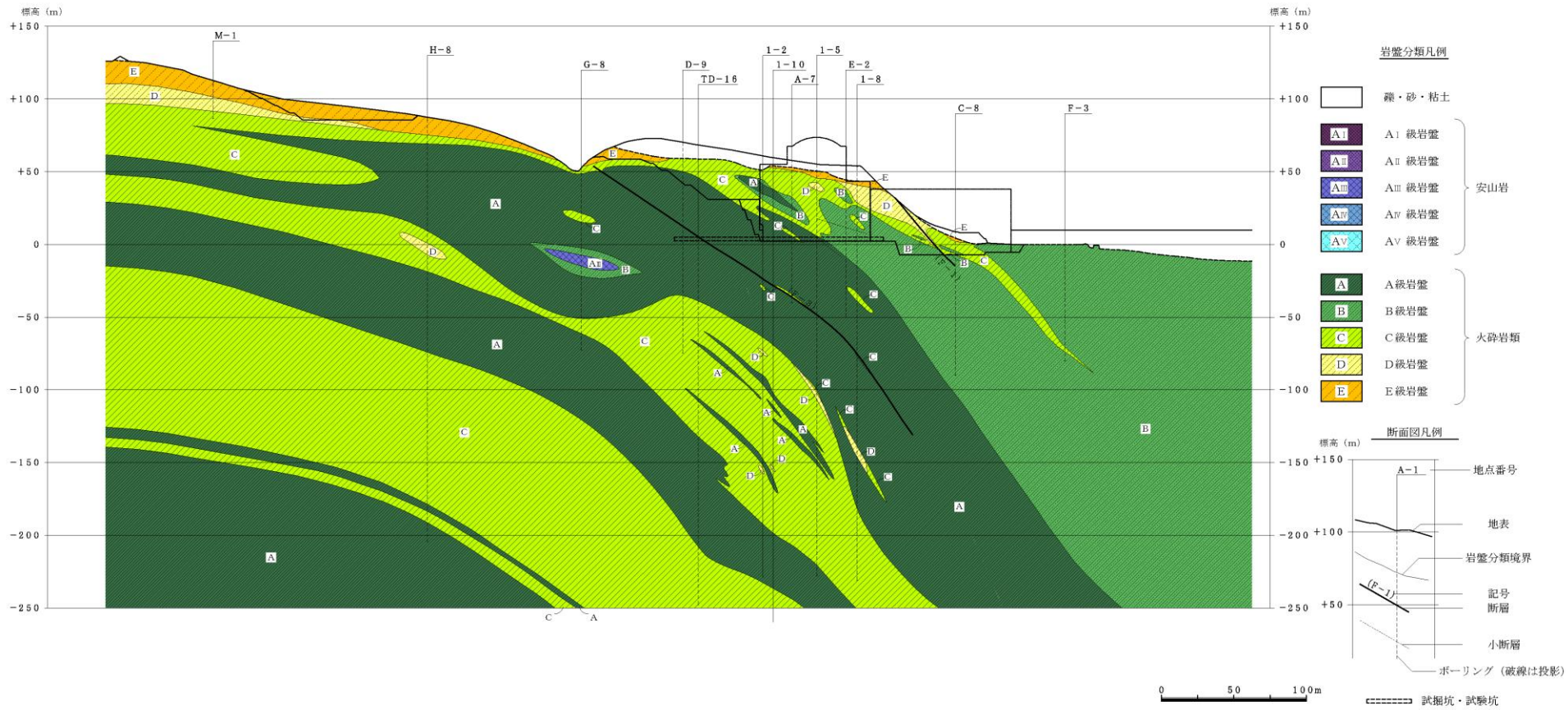
1, 2号炉 鉛直岩盤分類図 位置図





# 1. 地下構造に関する調査結果

## 鉛直岩盤分類図(1号炉Y<sub>1C</sub>-Y<sub>1C'</sub>断面)

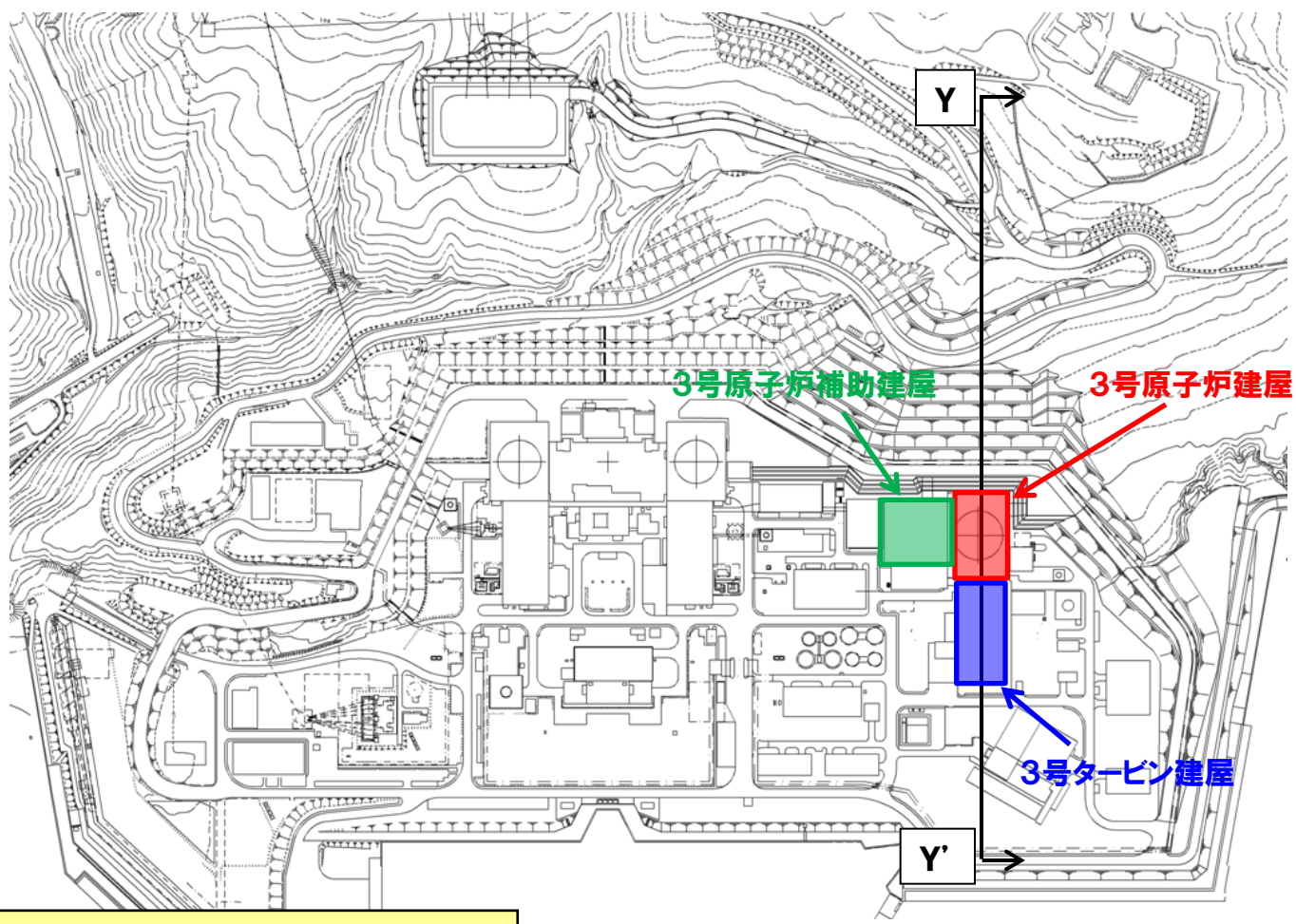






# 1. 地下構造に関する調査結果

3号炉 鉛直岩盤分類図 位置図

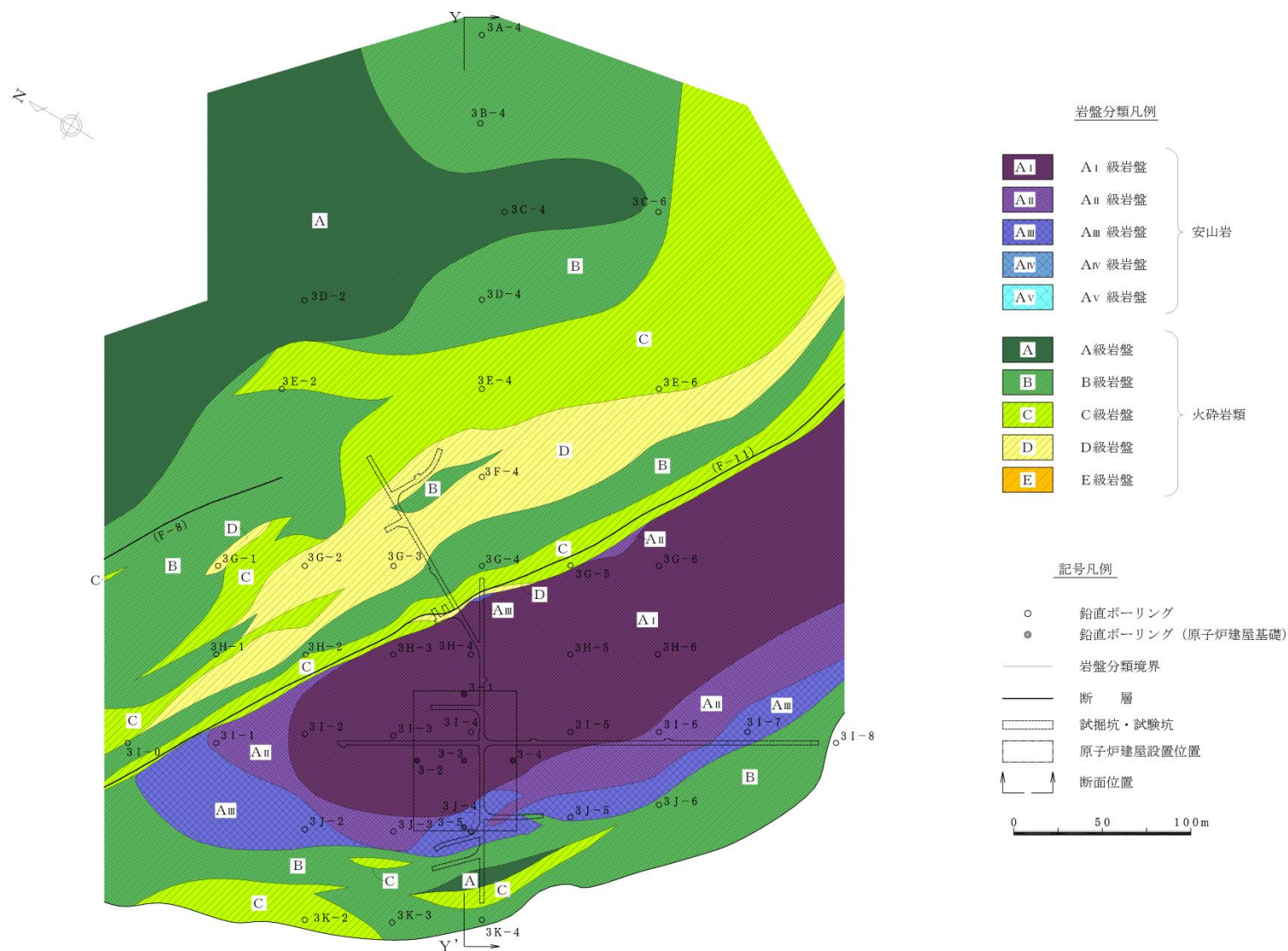


3号炉  
海山方向 : Y-Y' 断面



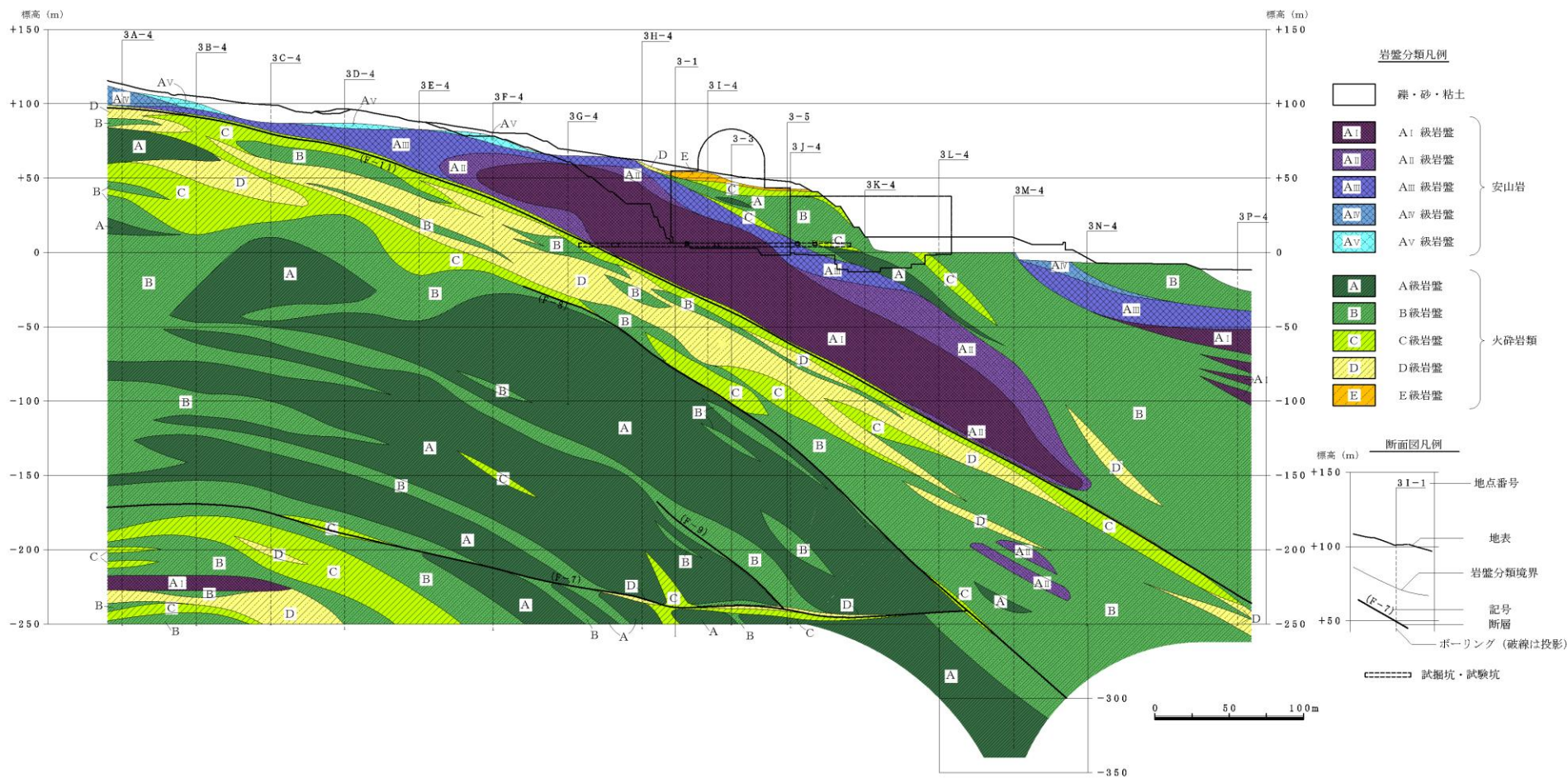
# 1. 地下構造に関する調査結果

## 水平岩盤分類図(3号炉 標高+2.8m)



# 1. 地下構造に関する調査結果

## 鉛直岩盤分類図(3号炉Y-Y'断面)



●3号炉側の地盤上部に分布する安山岩(岩級A I ~A III)のS波速度は、A I 級1.8km/s, A II 級1.7km/s, A III 級1.4km/sである。また、火砕岩類(岩級A~D)のS波速度は、A 級1.4km/s, B 級1.3km/s, C 級1.2km/s, D 級1.1km/sである。

余白

## 2. 地震観測記録を用いた検討



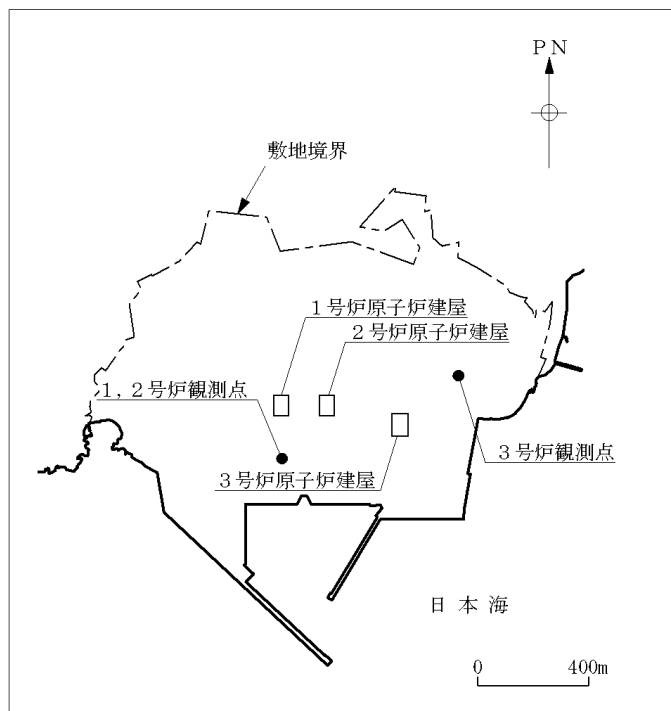
## 2. 地震観測記録を用いた検討

### 2.1 地震の到来方向及び敷地地盤の傾斜構造による影響の検討

#### 地震の到来方向及び敷地地盤の傾斜構造による影響の検討

- 1, 2号炉観測点, 3号炉観測点における地震観測記録を用いて, 鉛直アレー観測点間の応答スペクトルの比及びフーリエスペクトルの比による分析を行い, 地震の到来方向による特異な増幅傾向の有無及び敷地地盤の傾斜構造による特異な増幅傾向の有無について確認する。
- また, 敷地周辺の外機関の観測点における地震観測記録も用いて, 泊発電所における地震の到来方向による特異な増幅傾向の有無について確認する。

#### 地震観測点



配置図

標高 (m)	1, 2号炉観測点		3号炉観測点	
	地震計	地層	地震計	地層
+ 64				
+ 56			○	第四系
+ 10				(安山岩)
+ 2.3	○	埋戻し土	○	
- 90	○	神恵内層	○	神恵内層
-250	○		○	

地震計の設置レベル

## 2. 地震観測記録を用いた検討

### 2.1 地震の到来方向及び敷地地盤の傾斜構造による影響の検討

#### 地震観測装置の主な仕様

- 1, 2号炉観測点は, 1988年から観測を開始している。
- 3号炉観測点は, 1997年から観測を開始している。
- 収録装置更新に伴い, 1, 2号炉観測点及び3号炉観測点の仕様・設定を2009年より変更している。

種別	1, 2号炉観測点 (1988年～2008年)		1, 2号炉観測点 (2009年～)		3号炉観測点 (1997年～2008年)		3号炉観測点 (2009年～)	
	型式	仕様・設定	型式	仕様・設定	型式	仕様・設定	型式	仕様・設定
サーボ型 加速度計	JEP 5B (明石製作所)	測定範囲: 0.1Gal～2000Gal 感度: 3mv/Gal 周波数特性: 0.1～30Hz	左記の通り		SD-112-3P 3S 3 (勝島製作所)	測定範囲: 0.03Gal～1000Gal 感度: 10mv/Gal 周波数特性: 0.1～30Hz	左記の通り	
デジタル 収録装置	SAMTAC- 160D-72	サンプリング周波数設定: 200Hz 遅延時間設定: 5秒 トリガー設定: 標高-250m観測点 NS方向orEW方向で 0.5Gal以上 記録方法: 磁気テープ 時刻校正: ラジオ(NHK)の時報により 自動修正	SMAC- MDU	サンプリング周波数設定: 100Hz 遅延時間設定: 40秒(2011年まで60秒) トリガー設定: 標高-250m観測点 NS方向orEW方向or UD方向で0.5Gal以上 記録方法: メモ리카ード 時刻校正: GPSレシーバーにより 自動修正	Datol-150	サンプリング周波数設定: 200Hz 遅延時間設定: 20秒 トリガー設定: 標高-250m観測点 NS方向orEW方向or UD方向で0.5Gal以上 記録方法: メモ리카ード 時刻校正: GPSレシーバーにより 自動修正	AccuSEIS Omni	サンプリング周波数設定: 100Hz 遅延時間設定: 40秒(2011年まで60秒) トリガー設定: 標高-250m観測点 NS方向orEW方向or UD方向で0.5Gal以上 記録方法: メモ리카ード 時刻校正: GPSレシーバーにより 自動修正

## 2. 地震観測記録を用いた検討

### 2.1 地震の到来方向及び敷地地盤の傾斜構造による影響の検討

#### 検討対象地震の諸元

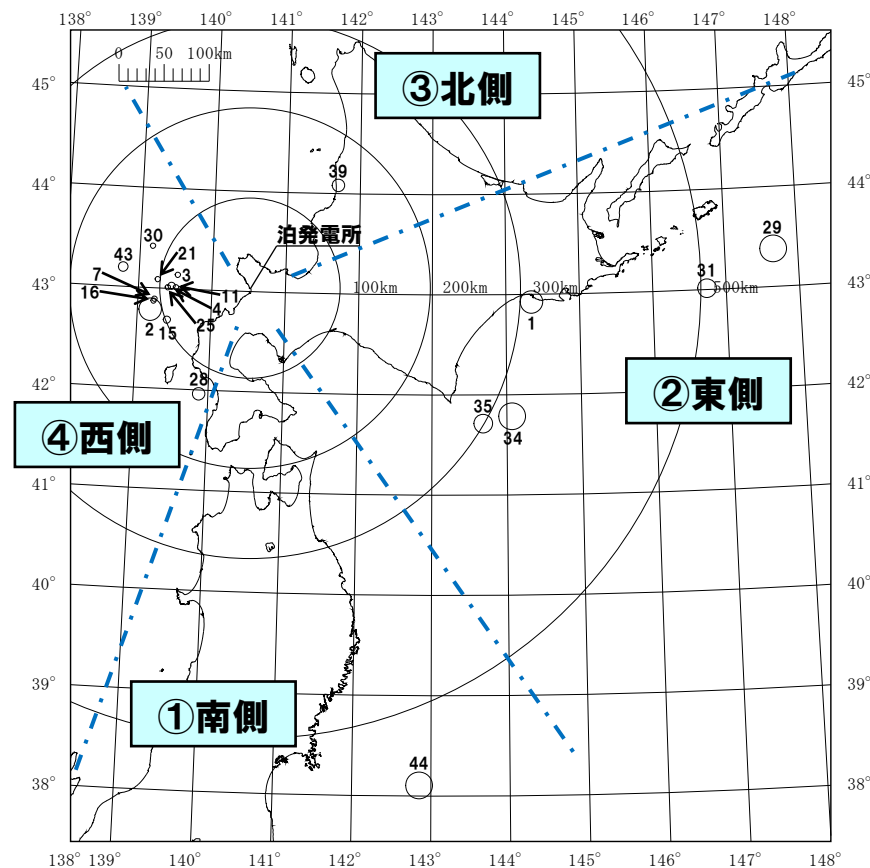
No.	地名または地震名	震源深さ (km)	M	震央距離 (km)	最大加速度(Gal) 1, 2号炉観測点 (標高+2.3m)		最大加速度(Gal) 3号炉観測点 (標高+2.3m)	
					NS	EW	NS	EW
					1	1993年釧路沖地震	101	7.5
2	1993年北海道南西沖地震	35	7.8	113	49	54	-	-
3	積丹半島北西沖	37	4.7	81	1	2	-	-
4	積丹半島北西沖	35	5.4	86	5	11	-	-
7	北海道南西沖	20	4.8	106	2	2	-	-
11	積丹半島北西沖	28	4.1	81	1	2	-	-
15	北海道南西沖	3	5.2	98	3	5	-	-
16	北海道南西沖	29	4.7	107	1	2	-	-
21	積丹半島北西沖	32	4.3	102	2	4	-	-
25	積丹半島北西沖	38	3.8	90	2	4	-	-
28	1993年北海道南西沖地震最大余震	24	6.3	131	7	5	-	-
29	1994年北海道東方沖地震	28	8.2	583	4	5	-	-
30	1999年積丹半島北西沖	28	4.5	116	2	1	0.5	0.2
31	根室半島沖	59	7.0	506	2	1	1	1
34	2003年十勝沖地震	45	8.0	325	7	8	9	8
35	十勝沖	21	7.1	299	3	3	3	3
39	留萌支庁南部	9	6.1	150	1	2	1	1
43	北海道南西沖	25	5.8	158	2	3	1	1
44	東北地方太平洋沖地震	24	9.0	583	3	2	2	2

※ 地震の諸元は気象庁地震カタログ

● 検討対象地震は、観測開始後、現在までに観測された51地震のうち、上記の19地震を対象として分析・検討を実施した。

● なお、3号炉観測点は、観測開始時期が1, 2号炉観測点より遅いため、7地震を対象として分析・検討を実施した。

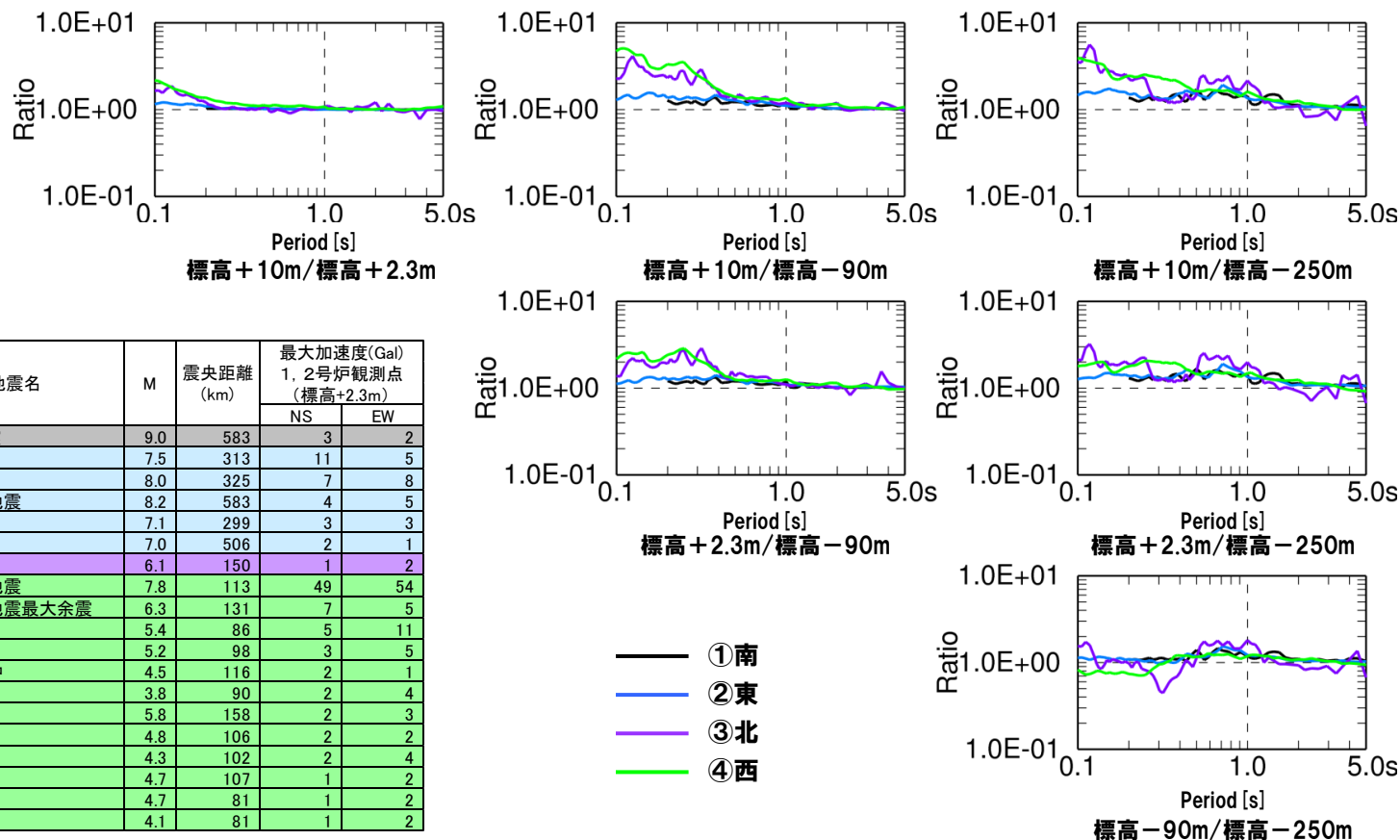
#### 検討対象地震の震央分布図



## 2. 地震観測記録を用いた検討

## 2.1 地震の到来方向及び敷地地盤の傾斜構造による影響の検討

## 〔到来方向別〕鉛直アレー観測点間の応答スペクトル比(1, 2号炉観測点 NS方向)



No.	方位	地名または地震名	M	震央距離 (km)	最大加速度(Gal) 1, 2号炉観測点 (標高+2.3m)	
					NS	EW
44	南	東北地方太平洋沖地震	9.0	583	3	2
1	東	1993年釧路沖地震	7.5	313	11	5
34		2003年十勝沖地震	8.0	325	7	8
29		1994年北海道東方沖地震	8.2	583	4	5
35		十勝沖	7.1	299	3	3
31		根室半島沖	7.0	506	2	1
39	北	留萌支庁南部	6.1	150	1	2
2	西	1993年北海道南西沖地震	7.8	113	49	54
28		1993年北海道南西沖地震最大余震	6.3	131	7	5
4		積丹半島北西沖	5.4	86	5	11
15		北海道南西沖	5.2	98	3	5
30		1999年積丹半島北西沖	4.5	116	2	1
25		積丹半島北西沖	3.8	90	2	4
43		北海道南西沖	5.8	158	2	3
7		北海道南西沖	4.8	106	2	2
21		積丹半島北西沖	4.3	102	2	4
16		北海道南西沖	4.7	107	1	2
3		積丹半島北西沖	4.7	81	1	2
11	積丹半島北西沖	4.1	81	1	2	

●周期1秒程度以上で、いずれの検討結果においても地震の到来方向による応答スペクトル比の傾向に差異はみられない。

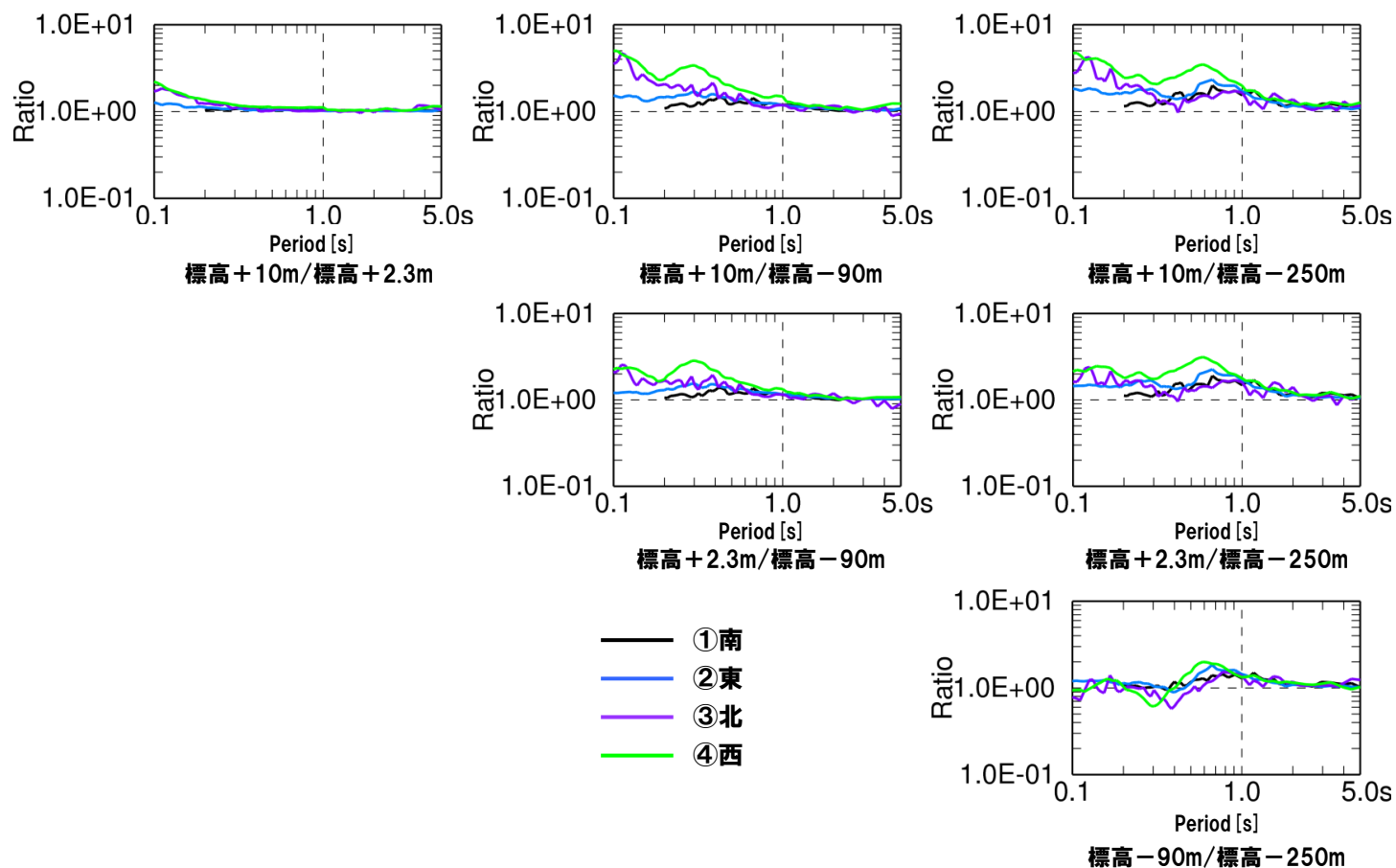
●「①南及び②東」は、短周期側で地震動がほぼ増幅しない傾向がみられる。

●一方で、「③北及び④西」の短周期側は、標高-90m/標高-250mを除き、地震動が増幅する傾向にある。

## 2. 地震観測記録を用いた検討

### 2.1 地震の到来方向及び敷地地盤の傾斜構造による影響の検討

〔到来方向別〕鉛直アレー観測点間の応答スペクトル比(1, 2号炉観測点 EW方向)



●全体の傾向は、NS方向と概ね同様の傾向を示している。

●NS方向と同様に短周期側で地震の到来方向による応答スペクトル比の傾向に差異がみられる。

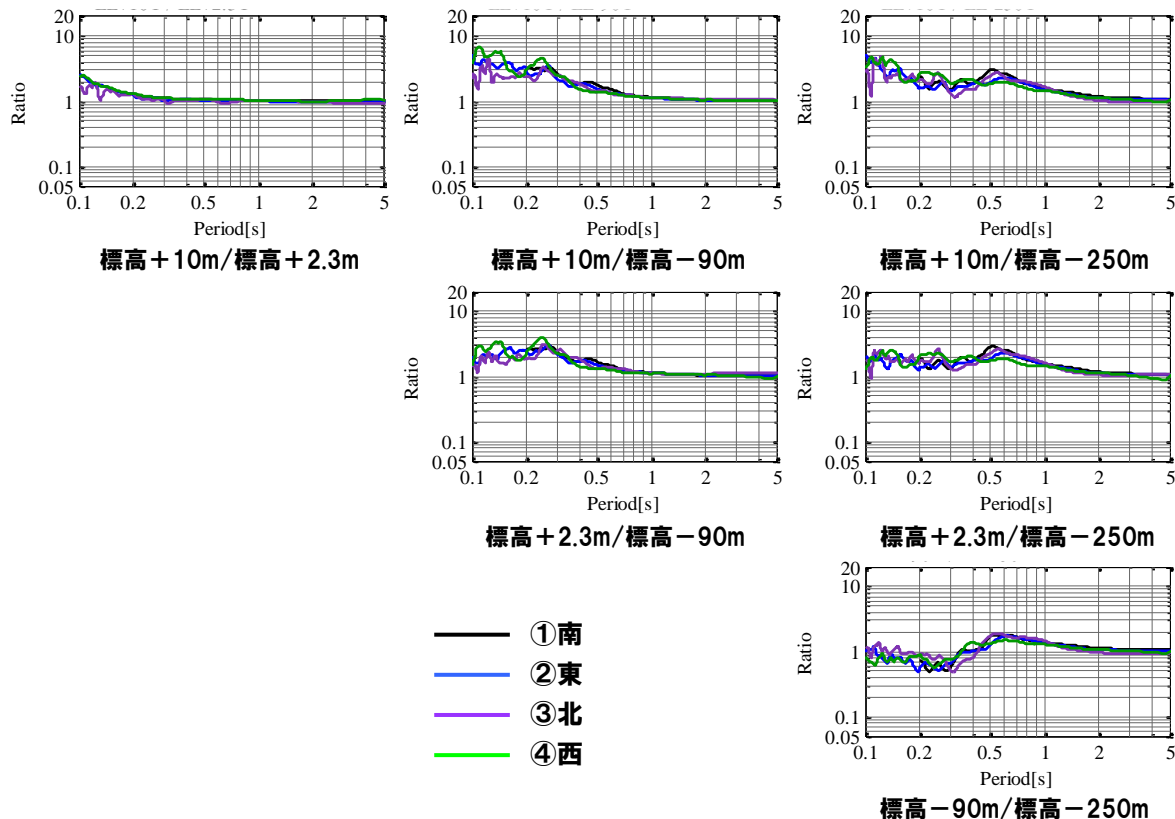
●なお、「①南」及び「②東」の地震は、震源が泊発電所から遠い地震(震央距離約300km以遠)であるため、「③北」及び「④西」とは異なる特性を示していることが考えられる。

## 2. 地震観測記録を用いた検討

### 2.1 地震の到来方向及び敷地地盤の傾斜構造による影響の検討

●「①南」及び「②東」の地震は、震源が泊発電所から約300km以遠にあり、短周期側の応答スペクトルが長周期側の地震動の影響を受けている可能性があることから、フーリエスペクトル比による検討も実施した。

〔到来方向別〕鉛直アレー観測点間のフーリエスペクトル比(1, 2号炉観測点 NS方向)



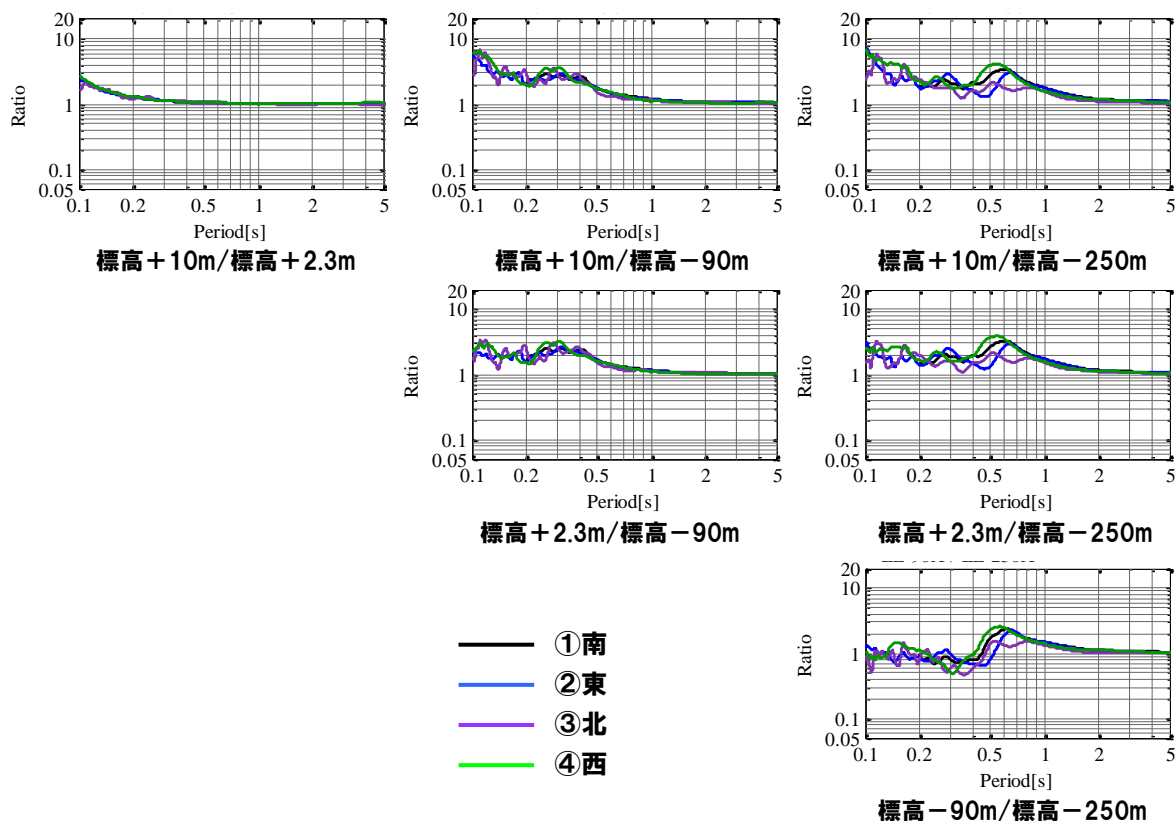
●いずれの検討結果においても地震の到来方向によるフーリエスペクトル比の傾向に差異はみられないことから、地震の到来方向により特異な増幅傾向はみられない。



## 2. 地震観測記録を用いた検討

### 2.1 地震の到来方向及び敷地地盤の傾斜構造による影響の検討

〔到来方向別〕鉛直アレー観測点間のフーリエスペクトル比(1, 2号炉観測点 EW方向)



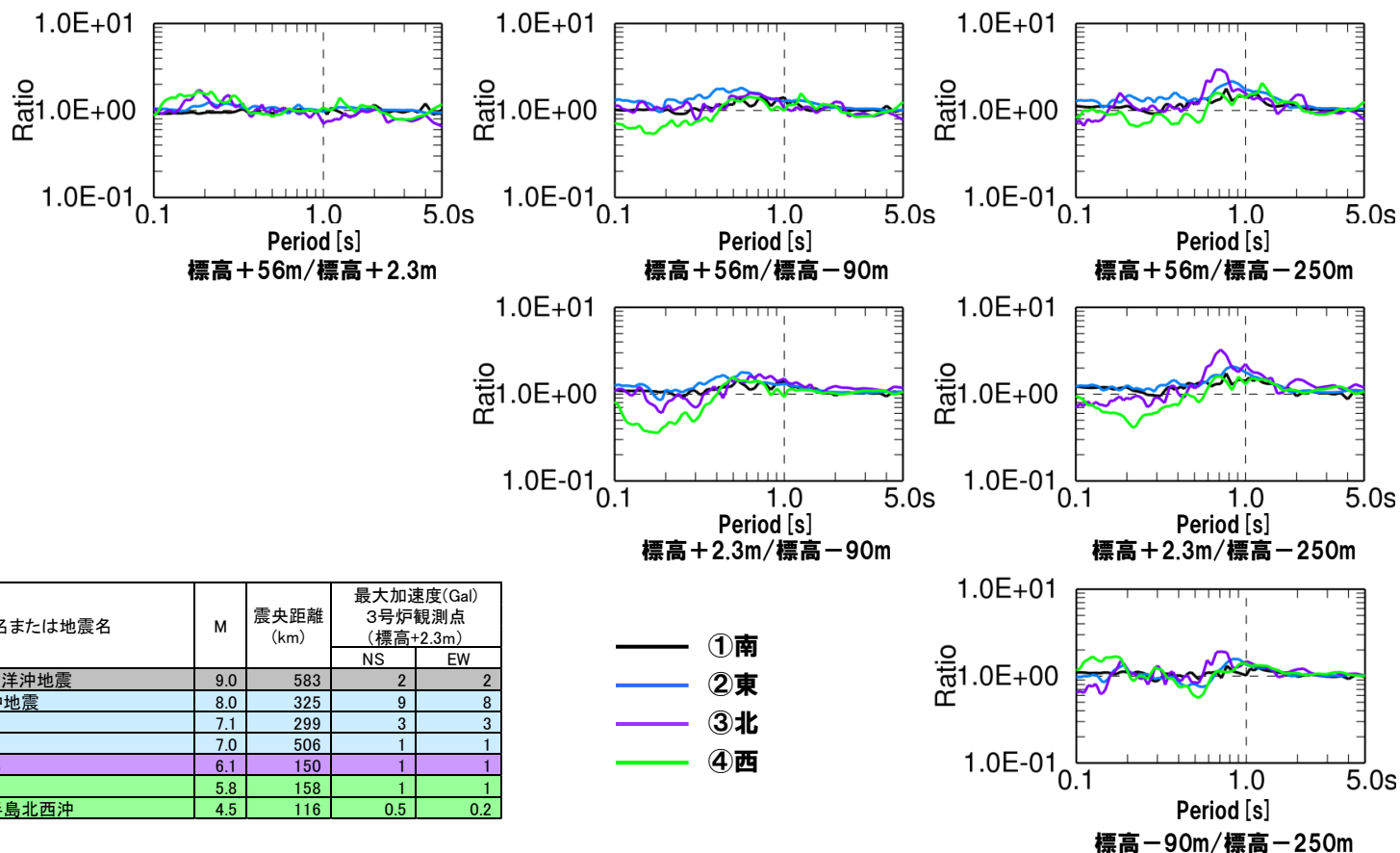
- NS方向と同様に地震の到来方向によるフーリエスペクトル比の傾向に差異はみられないことから、地震の到来方向により特異な増幅特性はみられない。
- 到来方向を含めた全体の傾向は、NS方向及びEW方向で概ね同様の傾向を示していることから、敷地地盤の傾斜構造による特異な増幅傾向はみられない。

- これらのことから、1, 2号炉観測点においては、地震の到来方向による特異な増幅傾向及び敷地地盤の傾斜構造による特異な増幅傾向はみられないものと考えられる。これは、敷地地盤は海山方向へ傾斜する構造となっているものの、速度構造のコントラストが大きいことによるものと考えられる。

## 2. 地震観測記録を用いた検討

### 2.1 地震の到来方向及び敷地地盤の傾斜構造による影響の検討

#### 〔到来方向別〕鉛直アレー観測点間の応答スペクトル比(3号炉観測点 NS方向)



No.	方位	地名または地震名	M	震央距離 (km)	最大加速度(Gal) 3号炉観測点 (標高+2.3m)	
					NS	EW
44	南	東北地方太平洋沖地震	9.0	583	2	2
34	東	2003年十勝沖地震	8.0	325	9	8
35		十勝沖	7.1	299	3	3
31		根室半島沖	7.0	506	1	1
39	北	留萌支庁南部	6.1	150	1	1
43	西	北海道南西沖	5.8	158	1	1
30		1999年積丹半島北西沖	4.5	116	0.5	0.2

- ①南
- ②東
- ③北
- ④西

●周期1秒程度以上で、いずれの検討結果においても地震の到来方向による応答スペクトル比の傾向の差異はみられない。

●「①南及び②東」は、短周期側でほぼ増幅しない傾向がみられる。

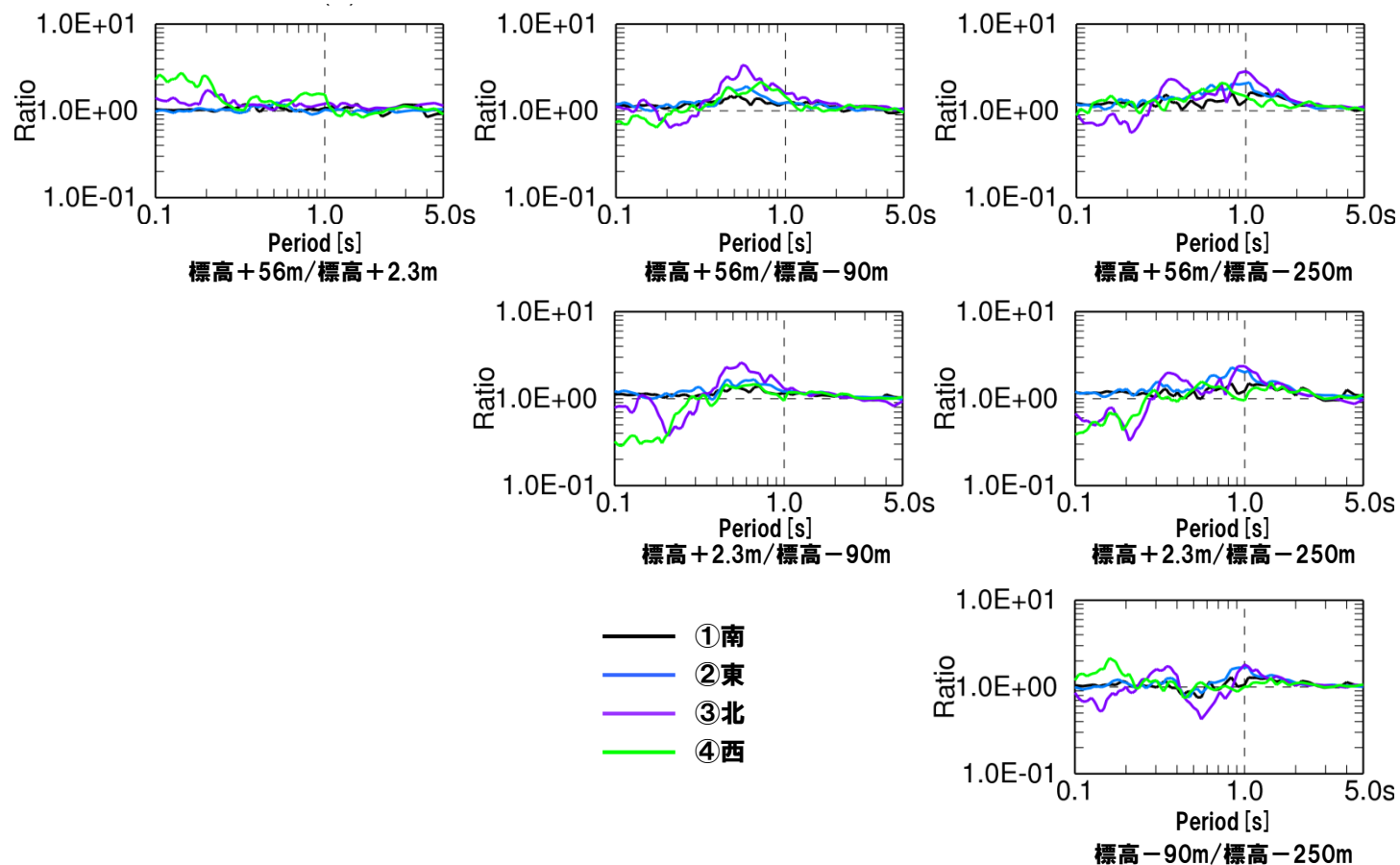
●一方で、「③北及び④西」の短周期側は、標高+2.3m/標高-90m、標高+2.3m/標高-250mなどにおいて、地震動が低減する傾向がみられる。

●また、「③北及び④西」は、「①南及び②東」と比較して、ばらつきが大きくなっている。

## 2. 地震観測記録を用いた検討

### 2.1 地震の到来方向及び敷地地盤の傾斜構造による影響の検討

#### 〔到来方向別〕鉛直アレー観測点間の応答スペクトル比(3号炉観測点 EW方向)



●全体の傾向は、NS方向と概ね同様の傾向を示している。

●NS方向と同様に短周期側で地震の到来方向による応答スペクトル比の傾向に差異がみられる。

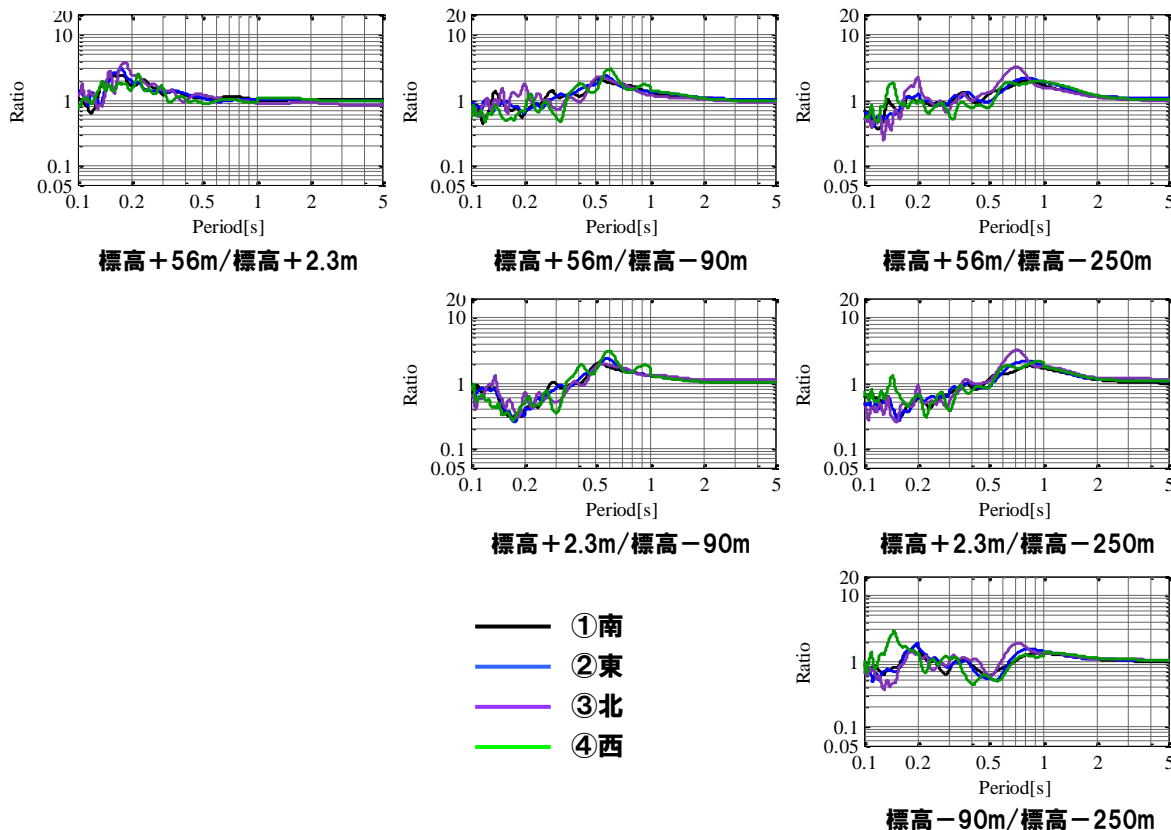
●なお、「①南」及び「②東」の地震は、震源が泊発電所から遠い地震(震央距離約300km以遠)であるため、「③北」及び「④西」とは異なる特性を示していることが考えられる。

## 2. 地震観測記録を用いた検討

### 2.1 地震の到来方向及び敷地地盤の傾斜構造による影響の検討

●「①南」及び「②東」の地震は、震源が泊発電所から約300km以遠にあり、短周期側の応答スペクトルが長周期側の地震動の影響を受けている可能性があることから、フーリエスペクトル比による検討も実施した。

#### 〔到来方向別〕鉛直アレー観測点間のフーリエスペクトル比(3号炉観測点 NS方向)

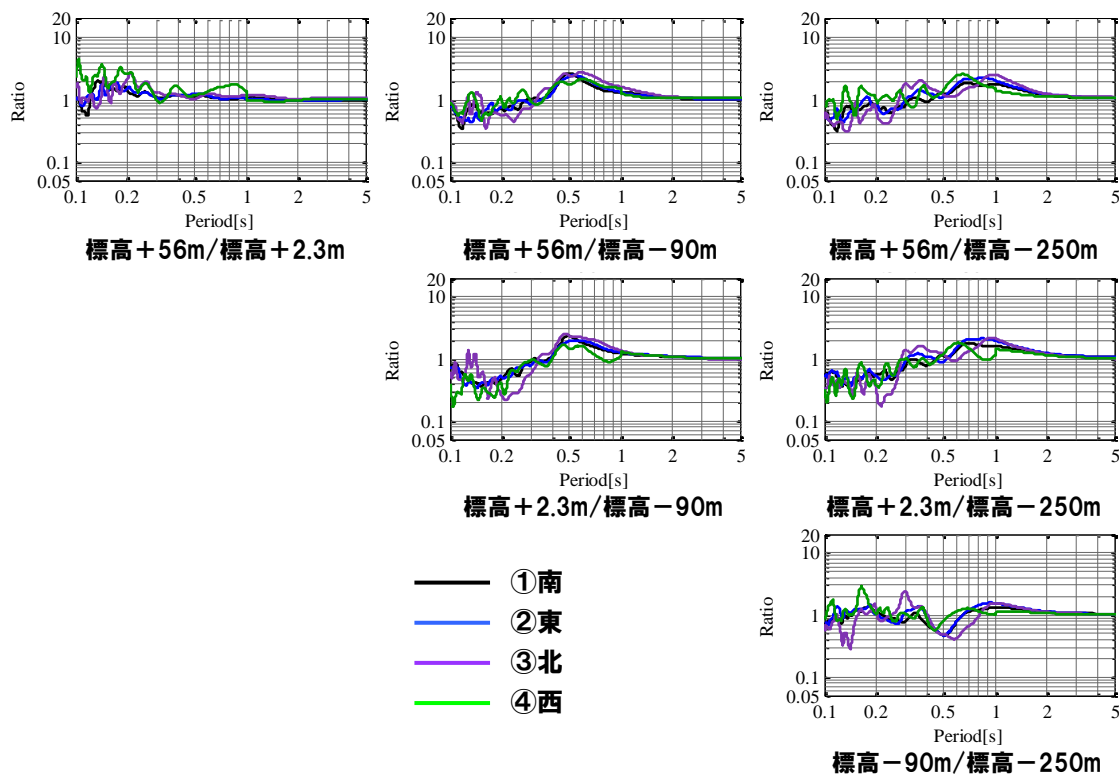


●検討に用いた地震観測記録が少なく、地震動レベルも小さいことから、多少のばらつきはあるものの、いずれの結果でも地震の到来方向によるフーリエスペクトル比の傾向に概ね差異はみられないことから、地震の到来方向により特異な増幅傾向はみられない。

## 2. 地震観測記録を用いた検討

### 2.1 地震の到来方向及び敷地地盤の傾斜構造による影響の検討

〔到来方向別〕鉛直アレー観測点間のフーリエスペクトル比(3号炉観測点 EW方向)



- NS方向と同様に地震の到来方向によるフーリエスペクトル比の傾向に概ね差異はみられないことから、地震の到来方向により特異な増幅傾向はみられない。
- 到来方向を含めた全体の傾向は、NS方向及びEW方向で概ね同様の傾向を示していることから、敷地地盤の傾斜構造により特異な増幅傾向はみられない。

- これらのことから、3号炉観測点においては、地震の到来方向による特異な増幅傾向及び敷地地盤の傾斜構造による特異な増幅傾向はみられないものと考えられる。
- なお、3号炉観測点における検討対象地震は少なく、地震動レベルも小さいことから、1, 2号炉観測点での検討より到来方向による短周期側のばらつきが大きくなる傾向がみられる。

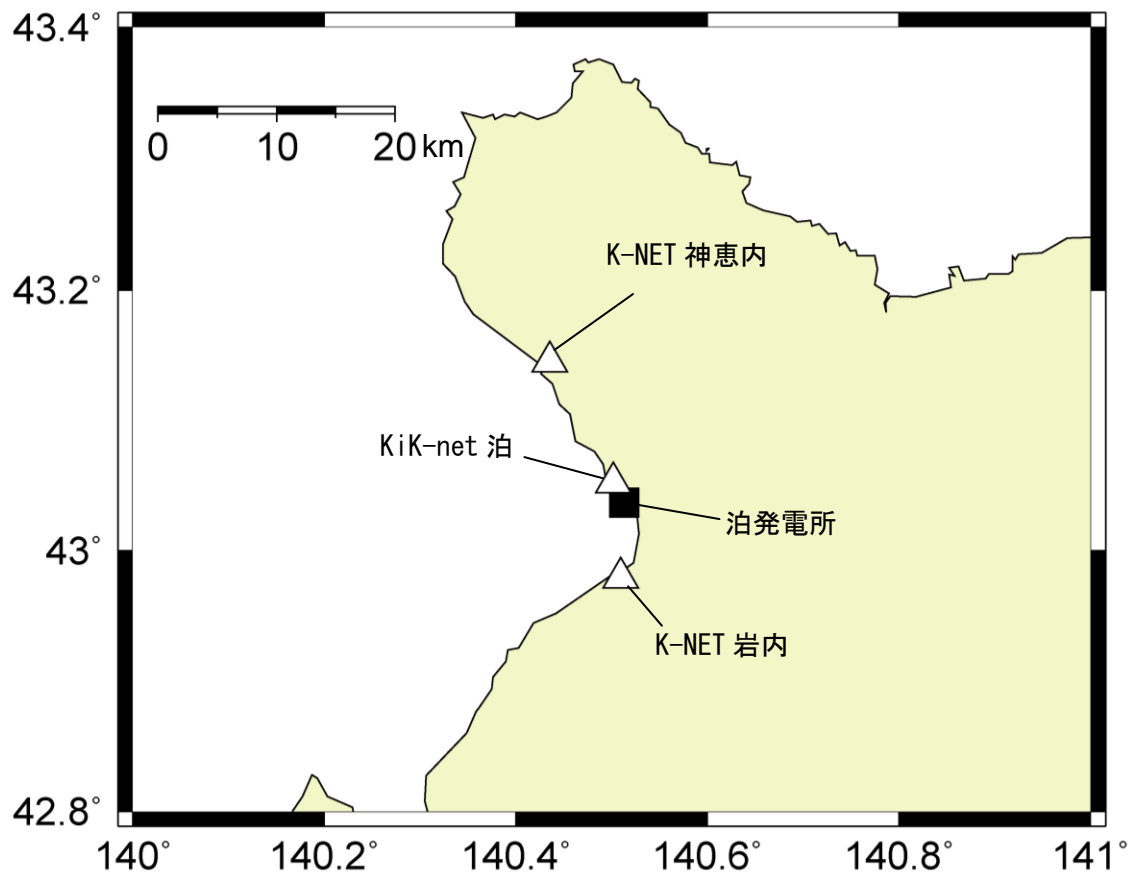
## 2. 地震観測記録を用いた検討

### 2.1 地震の到来方向及び敷地地盤の傾斜構造による影響の検討

#### K-NET観測点及びKiK-net観測点の地震観測記録を用いた検討

- 地震動の到来方向による増幅特性への影響について、敷地の地震観測記録と敷地周辺のK-NET及びKiK-net観測点の地震観測記録との比較による確認も行った。

#### 検討に用いる地震観測点



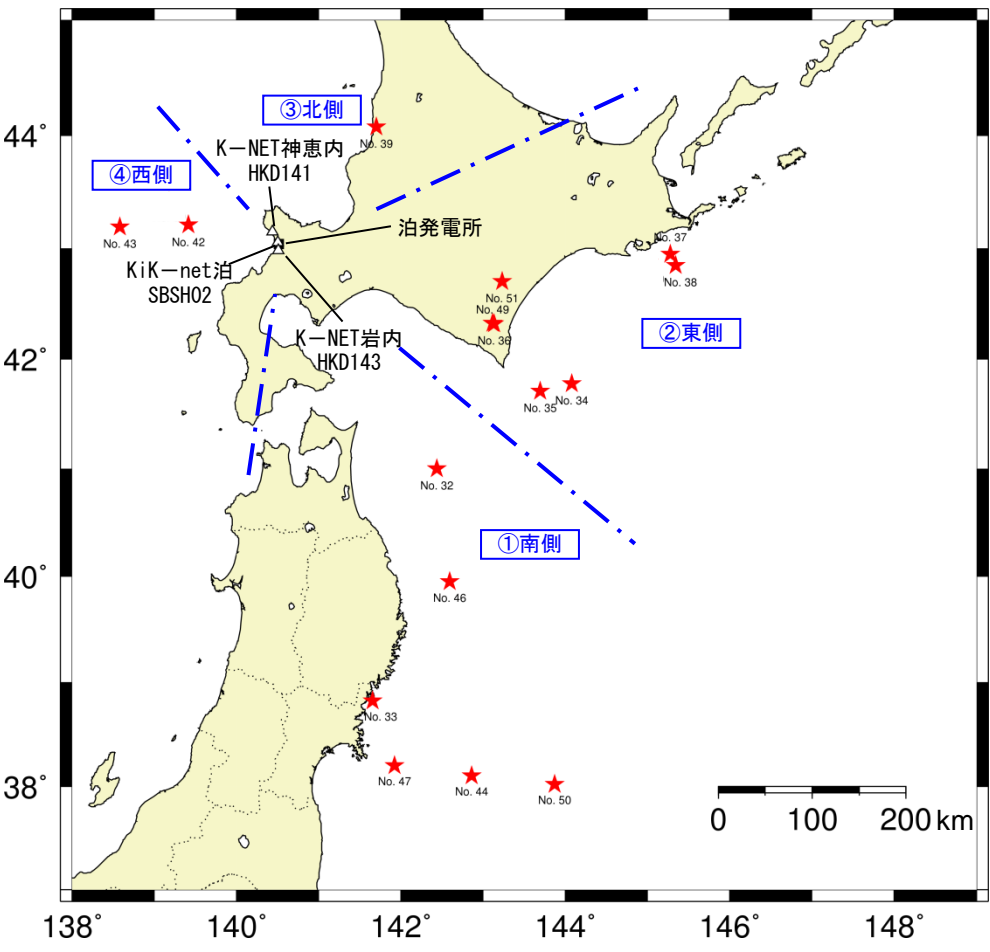


## 2. 地震観測記録を用いた検討

### 2.1 地震の到来方向及び敷地地盤の傾斜構造による影響の検討

#### 検討対象地震

● 検討対象とした地震を到来方向により分類し、各観測点の応答スペクトルと1, 2号炉観測点及び3号炉観測点との応答スペクトル比に基づき到来方向別の増幅特性を確認した。

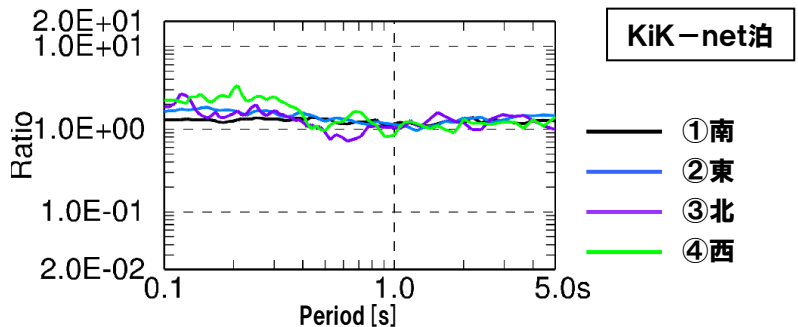


No.	1,2号炉	3号炉	泊	岩内	神恵内	分類
32	○	—	○	—	—	南
33	○	—	○	—	—	南
34	○	○	○	○	○	東
35	○	○	○	○	—	東
36	○	—	○	○	—	東
37	—	○	—	○	—	東
38	—	○	○	○	—	東
39	○	○	○	○	—	北
42	—	○	○	○	○	西
43	○	○	○	○	—	西
44	○	○	○	○	○	南
46	○	○	○	○	—	南
47	—	○	○	—	—	南
49	○	○	○	○	—	東
50	—	○	○	○	—	南
51	○	○	○	○	—	東

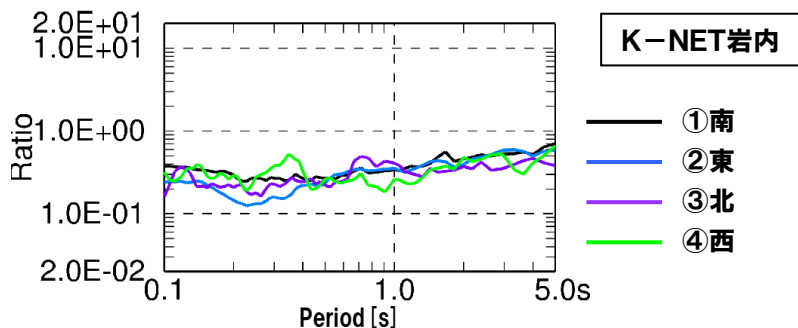
## 2. 地震観測記録を用いた検討

## 2.1 地震の到来方向及び敷地地盤の傾斜構造による影響の検討

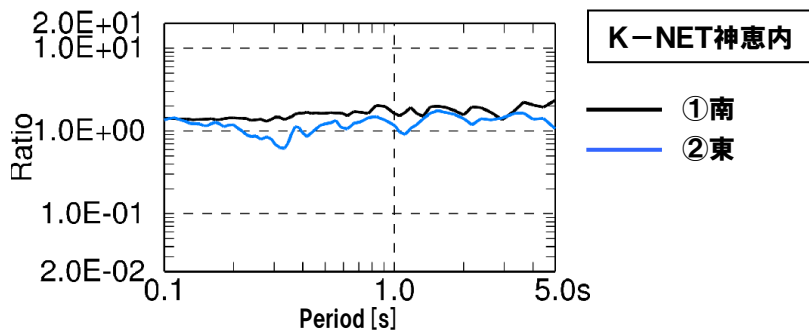
## 〔到来方向別〕他機関との応答スペクトルの比較(1, 2号炉観測点)



1, 2号炉観測点(標高+2.3m) / KiK-net泊(地中)



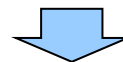
1, 2号炉観測点(標高+2.3m) / K-NET岩内



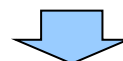
1, 2号炉観測点(標高+2.3m) / K-NET神恵内

●敷地周辺のK-NET及びKiK-net観測点毎に各観測点の応答スペクトルと1, 2号炉観測点との応答スペクトルの比較に基づき到来方向別の傾向を検討

●泊発電所と他地点との応答スペクトル比の割合は、地点によって異なるが、この傾向は泊発電所以外の観測点を含めた地盤の影響と考えられる



●一方、各観測点毎の応答スペクトル比の傾向は、到来方向によらず概ね同様の傾向を示す

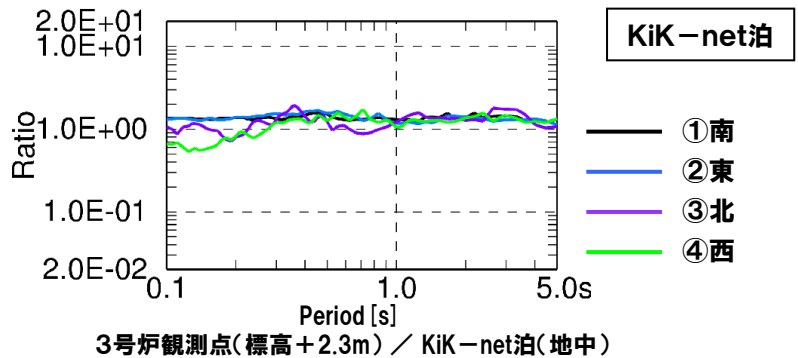


●泊発電所と他地点との比較においても、泊発電所の敷地地盤では、到来方向による顕著な増幅の傾向はみられていない

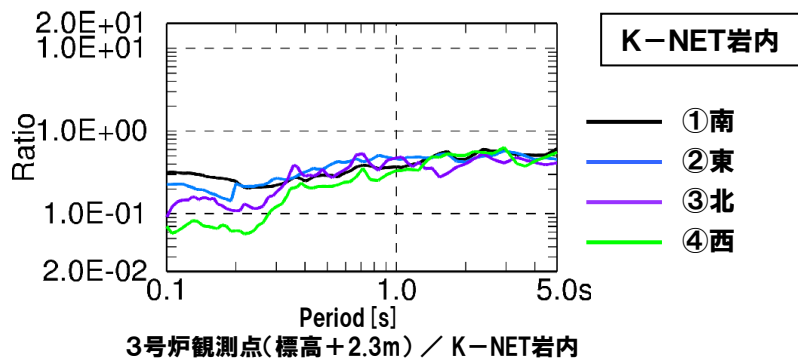
## 2. 地震観測記録を用いた検討

### 2.1 地震の到来方向及び敷地地盤の傾斜構造による影響の検討

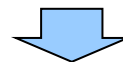
#### 〔到来方向別〕他機関との応答スペクトルの比較(3号炉観測点)



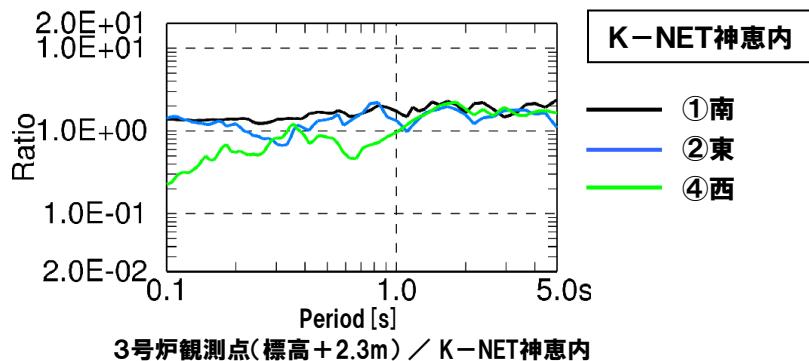
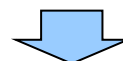
●敷地周辺のK-NET及びKiK-net観測点毎に各観測点の応答スペクトルと3号炉観測点との応答スペクトルの比較に基づき到来方向別の傾向を検討



●泊発電所と他地点との応答スペクトル比の割合は、地点によって異なるが、この傾向は泊発電所以外の観測点を含めた地盤の影響と考えられる



●一方、各観測点毎の応答スペクトル比の傾向は、到来方向によらず概ね同様の傾向を示す



●泊発電所と他地点との比較においても、泊発電所の敷地地盤では、到来方向による顕著な増幅の傾向はみられていない

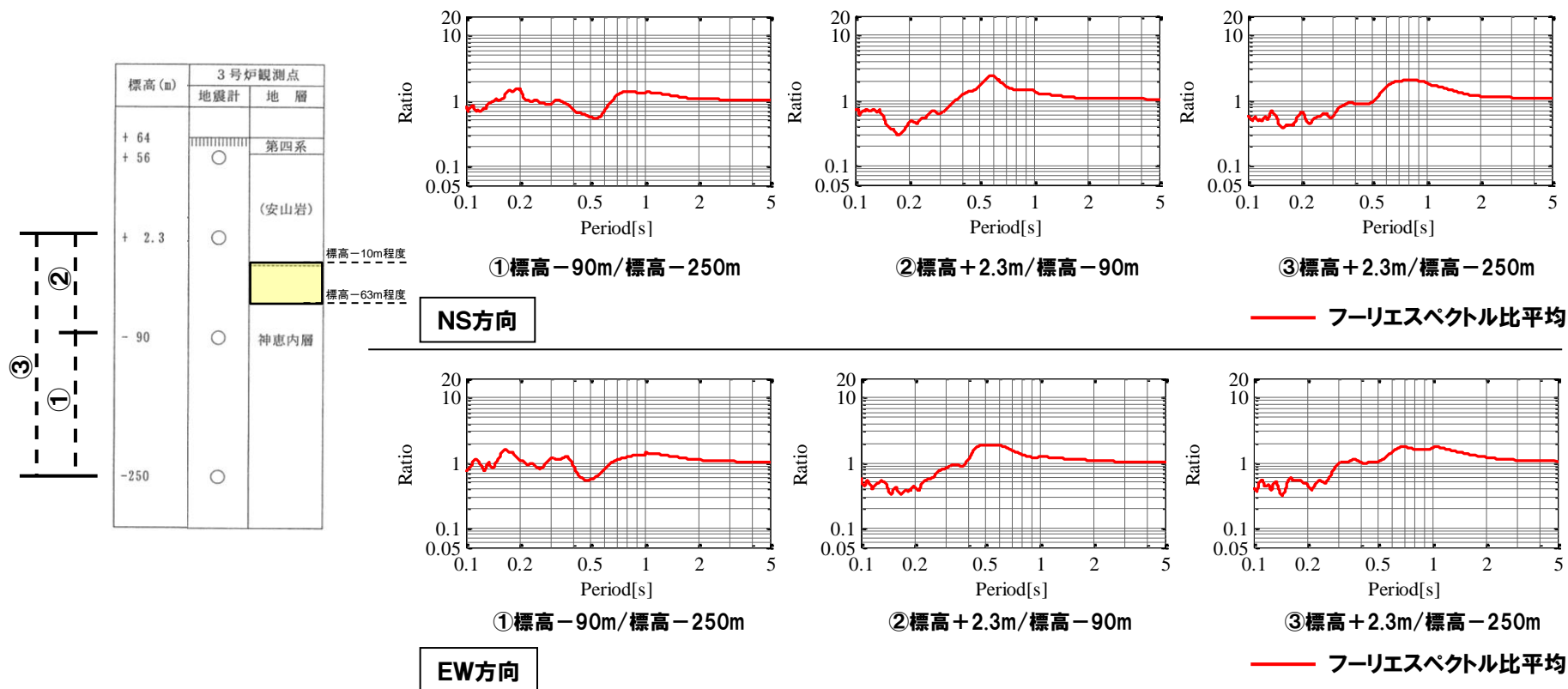
●1, 2号炉観測点及び3号炉観測点共に到来方向による顕著な増幅の傾向はみられていないことから、泊発電所敷地地盤における地震の到来方向による特異な増幅傾向はないものと考えられる。



## 2. 地震観測記録を用いた検討

### 2.2 安山岩及びD級岩盤による影響の検討

#### 3号炉観測点 鉛直アレー観測点間のフーリエスペクトル比



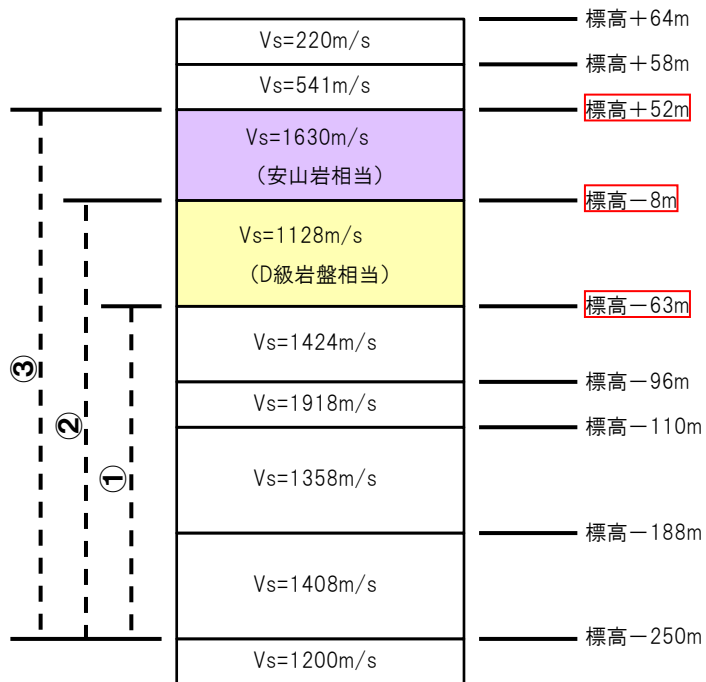
- D級岩盤以深の地震計設置位置におけるフーリエスペクトル比(①標高-90m/標高-250m)より両方向共に一部の周期帯において、若干の増幅傾向がみられる。
- 安山岩中の地震計設置位置におけるフーリエスペクトル比(②標高+2.3m/標高-90m)より両方向共に短周期側の増幅傾向がみられないことから、安山岩及びD級岩盤の影響により短周期側の地震動が低減される傾向にある。
- 最深部の地震計設置からの増幅傾向についても、③標高+2.3m/標高-250mのフーリエスペクトル比より両方向で地震動が短周期側で増幅しない傾向がみられる。
- 3号炉観測点における鉛直アレー観測点間のフーリエスペクトル比に基づき、3号炉側の地盤に分布している安山岩及びD級岩盤により短周期側の地震動が増幅しないことを確認した。

## 2. 地震観測記録を用いた検討

### 2.2 安山岩及びD級岩盤による影響の検討

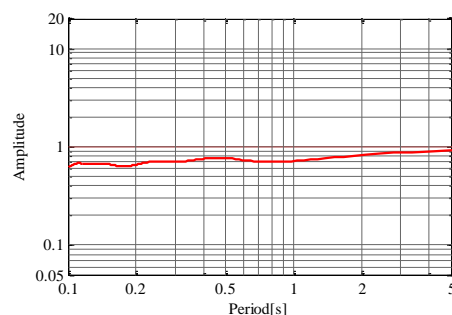
●3号炉観測点における地盤物性を考慮した伝達関数により、観測記録にみられた増幅特性を分析する。

#### 3号炉観測点 伝達関数

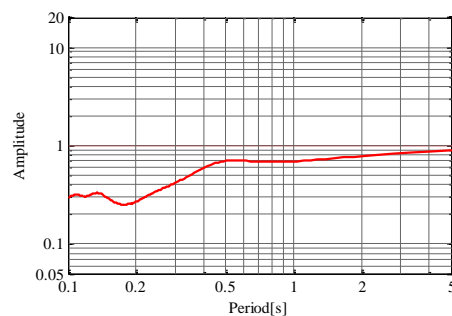


3号炉観測点 地盤モデル及び伝達関数算出位置

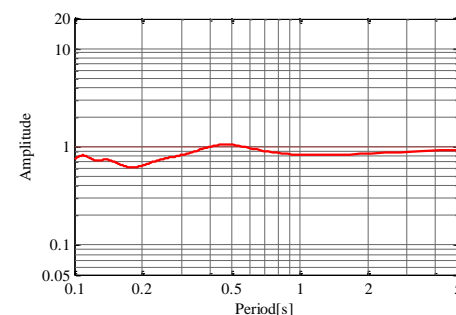
(※地盤モデルは、観測記録により同定)



① 標高-63m(2E)/標高-250m(2E)



② 標高+52m(2E)/標高-250m(2E)



③ 標高-8m(2E)/標高-250m(2E)

3号炉観測点 地盤モデルによる伝達関数

- D級岩盤以深の伝達関数(①)及びD級岩盤を含んだ伝達関数(②)より、D級岩盤による若干の増幅傾向が確認できる。
- 安山岩を含んだ伝達関数(③)より、D級岩盤により増幅した地震動が、その上部に分布する硬質な安山岩により低減する傾向がみられる。
- これらより、安山岩及びD級岩盤の影響により地震動が短周期側で増幅しない傾向になっていると考えられる。



余白

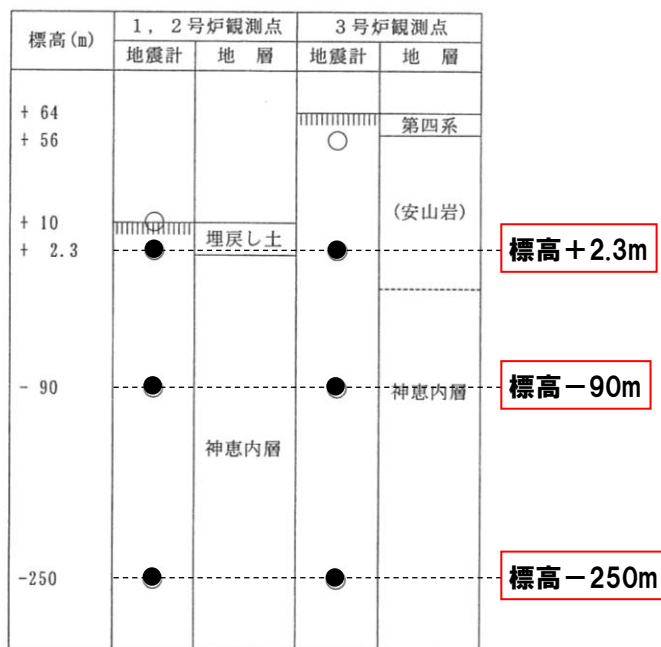
## 2. 地震観測記録を用いた検討

### 2.3 1, 2号炉観測点と3号炉観測点との比較

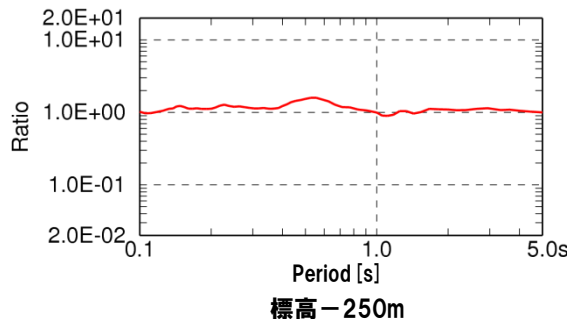
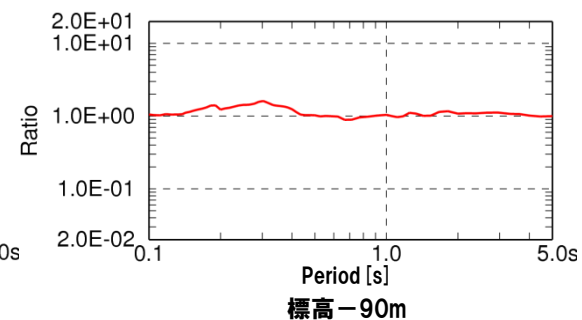
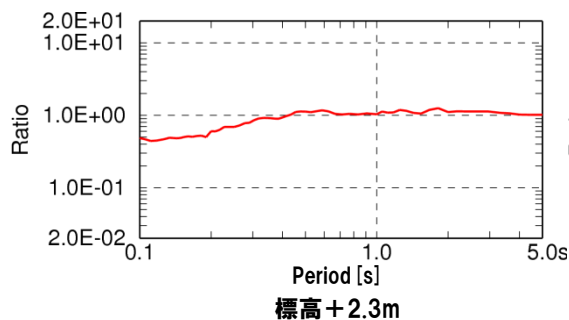
#### 1, 2号炉観測点及び3号炉観測点との応答スペクトルの比較

- 1, 2号炉及び3号炉の両観測点で観測された地震記録に基づき, 同深度観測点の応答スペクトルの比較を行い, 両観測点の地震動の関係を確認する。

#### 応答スペクトル比較位置



#### 深度別応答スペクトル比



※ 深度別応答スペクトル比  
(3号炉観測点/1, 2号炉観測点)

- 1, 2号炉観測点及び3号炉観測点の応答スペクトル比より, 標高-250m観測点及び標高-90m観測点では, 両観測点の応答スペクトルは, ほぼ同程度と考えられる。
- また, 標高+2.3m観測点では, 安山岩中である3号炉観測点の短周期側の地震動が増幅しないものと考えられる。

## 2. 地震観測記録を用いた検討

### 2.3 1, 2号炉観測点と3号炉観測点との比較

#### 1, 2号炉観測点及び3号炉観測点との応答スペクトルの比較

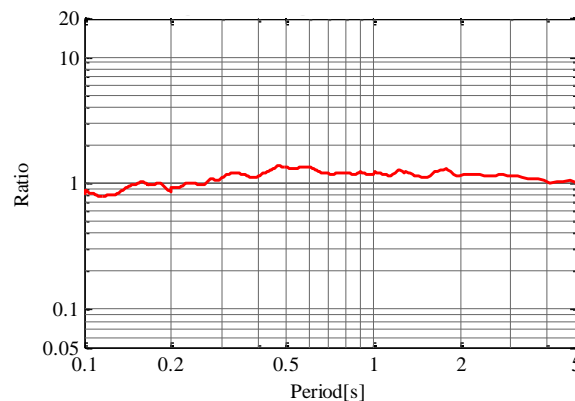
- 1, 2号炉及び3号炉の両観測点で観測された地震記録を用いて、解放基盤表面相当レベルでのはぎとり波の応答スペクトルの比較を行い、解放基盤表面相当レベルでの両観測点の地震動の関係を確認する。

#### はぎとり解析位置

標高 (m)	1, 2号炉観測点		3号炉観測点	
	地震計	地層	地震計	地層
+ 64				第四系
+ 56			○	(安山岩)
+ 10				
+ 2.3	●	埋戻し土	●	
- 90	○	神恵内層	○	神恵内層
-250	○		○	

標高±0m

#### はぎとり波 応答スペクトル比



応答スペクトル比(3号炉観測点/1, 2号炉観測点)

- 1, 2号炉観測点及び3号炉観測点の解放基盤表面相当レベルにおけるはぎとり波の応答スペクトル比より、両観測点の応答スペクトルは、ほぼ同程度と考えられる。

※ 1, 2号炉観測点及び3号炉観測点共に標高+2.3mの観測点から標高±0mへはぎとり解析を実施

## 2. 地震観測記録を用いた検討

## 2.4 1号原子炉建屋と3号原子炉建屋で観測された地震動の比較

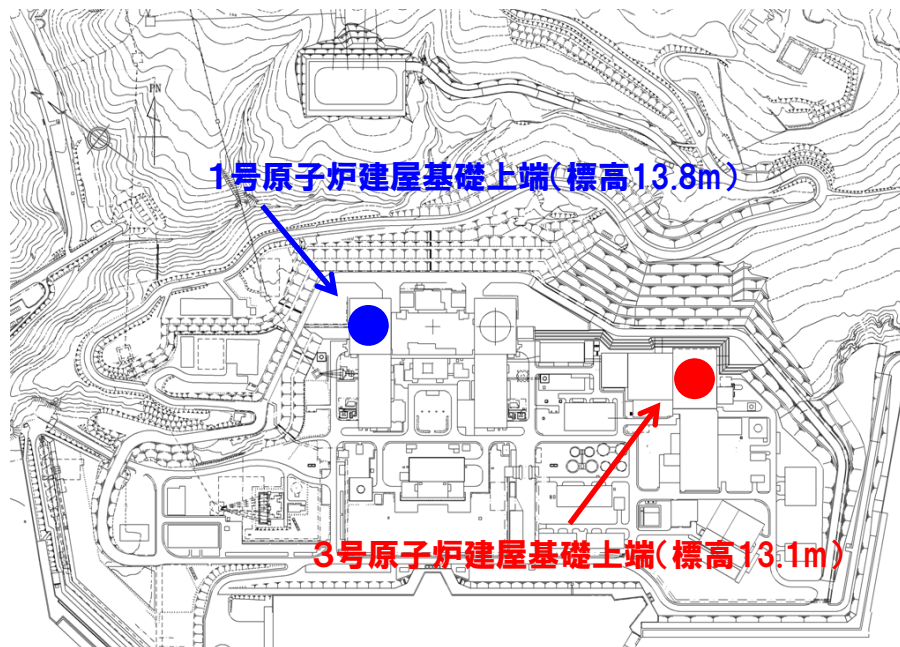
## 1号原子炉建屋と3号原子炉建屋で観測された地震動の比較

- 3号建屋で観測を開始した2009年以降に観測された2地震について、1号原子炉建屋基礎先端と3号原子炉建屋基礎先端での地震観測記録を用いて地震動を比較する。

## 検討地震

No.	地名または地震名	年月日	M	震央距離 (km)	最大加速度(Gal) 1号R/B(EL13.8m)		最大加速度(Gal) 3号R/B(T.P.13.1m)	
					NS	EW	NS	EW
43	北海道南西沖	2010.3.30	5.8	158	1	2	1	1
44	東北地方太平洋沖地震	2011.3.11	9.0	583	2	2	2	2

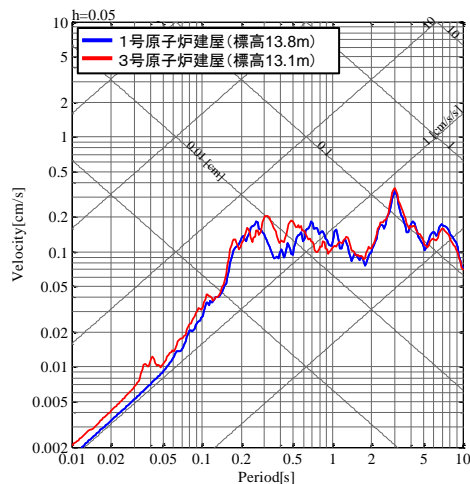
## 観測位置



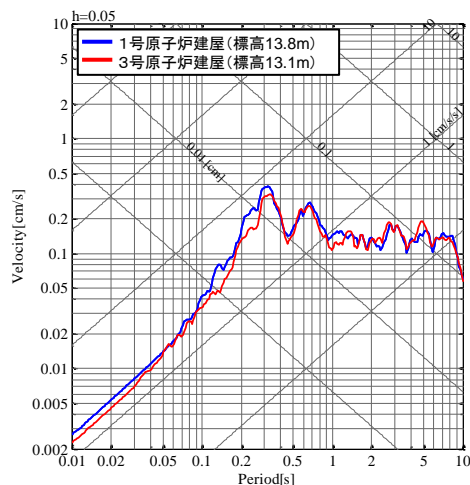
## 2.4 1号原子炉建屋と3号原子炉建屋で観測された地震動の比較

## 1号原子炉建屋と3号原子炉建屋で観測された地震動の比較(応答スペクトル)

## No. 43 北海道南西沖の地震

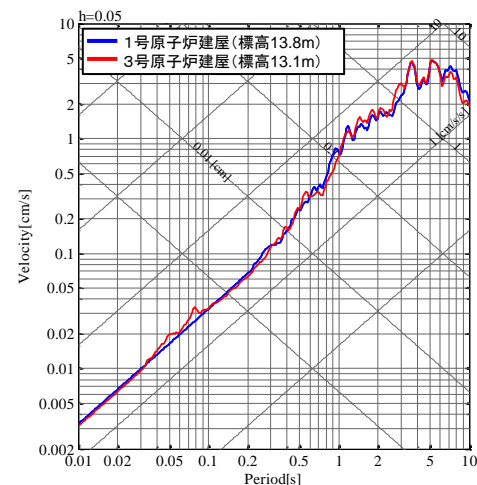
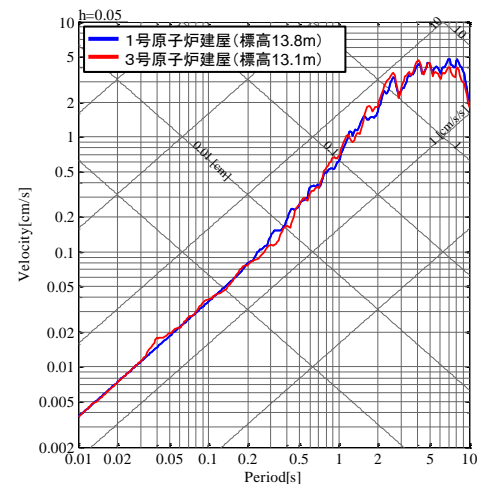


NS方向



EW方向

## No. 44 東北地方太平洋沖地震



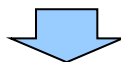
- 1号原子炉建屋基礎と3号原子炉建屋基礎の地震観測記録の応答スペクトルは、ほぼ同程度である。

### **3. 敷地地盤の振動特性に関するまとめ**

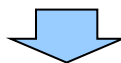
### 3. 敷地地盤の振動特性に関するまとめ

#### 敷地地盤の振動特性(コメント回答) まとめ

- 敷地及び敷地周辺の地震観測記録に基づく応答スペクトル及びフーリエスペクトルの比較検討結果より、1, 2号炉観測点及び3号炉観測点においては、地震の到来方向による特異な増幅傾向及び敷地地盤の傾斜構造による特異な増幅傾向はみられないものと考えられる。
- 3号炉観測点における鉛直アレー観測点間のフーリエスペクトル比に基づき、3号炉側の地盤に分布している安山岩及びD級岩盤により短周期側の地震動が増幅しないことを確認した。
- 1, 2号炉観測点及び3号炉観測点の比較は、両観測点の深度別の応答スペクトル比及び解放基盤表面相当レベルにおけるはぎとり波の応答スペクトル比より、ほぼ同程度と考えられる。



観測記録を中心とした地震の到来方向による敷地地盤の振動特性、敷地地盤の傾斜構造による振動特性及び観測点間の振動特性に関する検討より、敷地地盤の傾斜構造、地震の到来方向、3号炉側の安山岩及びD級岩盤は、地震動評価に大きな影響を及ぼすものではないことを確認した。



敷地地盤の振動特性に関する検討結果を踏まえ、地震動評価に用いる地下構造モデルは1, 2号炉と3号炉で同じモデルを用いることとする。

※観測記録を中心とした敷地地盤の振動特性に関する検討にみられた傾向を確認する観点から、解析的な検討を実施中である。

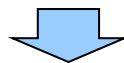


## 4. 地下構造モデルの設定

## 4. 地下構造モデルの設定

### 地下構造

- 地震基盤とみなせるP波速度6.0km/sの層は、敷地周辺では標高-2200m程度で大局的には平坦である。
- 敷地の地盤は、全体的にS波速度約1.0km/s以上の硬質な地盤である。
- 敷地は、凝灰角礫岩及び凝灰岩等を主体(3号炉側に一部安山岩が分布)とした地質構造であり、ほぼ海岸線に平行する走向で、海山方向へ傾斜する傾斜構造となっている。
- 敷地及び敷地周辺の地震観測記録に基づく検討結果から、地下構造による地震動の特異な振動特性はみられない。



地震動評価に用いる地下構造モデルは、地下構造調査結果等を活用して一次元モデルとして設定している。

## 4. 地下構造モデルの設定

### 地下構造モデルの設定方法(統計的グリーン関数法)

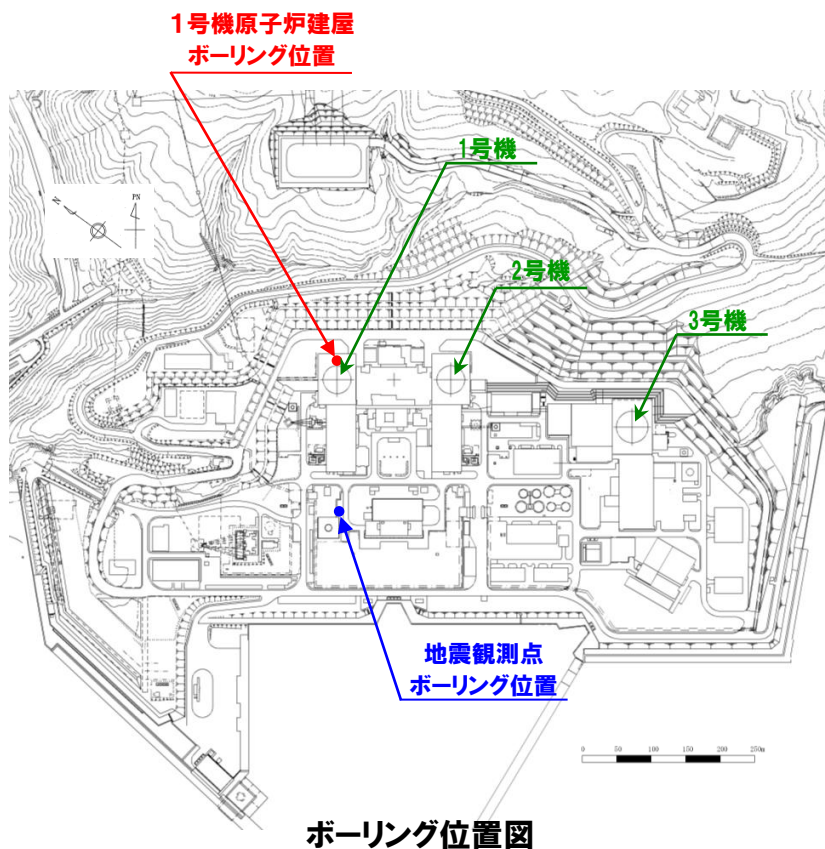
- 敷地内・敷地周辺の調査結果・地震観測記録を活用して設定
  - 調査結果等がない場合、他機関の地下構造モデル等に基づき設定
- ①標高 0m～ -250m：地震観測点におけるボーリング調査・地震観測記録による同定解析
  - ②標高 -250m～ -990m：1号機原子炉建屋位置におけるボーリング調査
  - ③標高 -990m～-2200m：弾性波探査・文献
  - ④標高-2200m～：他機関の地下構造モデル

標高 (m)	層厚 (m)		密度 $\rho$ (g/cm <sup>3</sup> )	S波速度 Vs (m/s)	P波速度 Vp (m/s)	Q値
0	56	地震観測点 PS 検層結果	地震観測点 ボーリングデータ	地震観測記録による同定解析結果 (初期値は PS 検層結果)		地震観測記録による 同定解析結果を基に 安全側に設定
-56	194					
-250	180	1号機原子炉建屋 PS 検層結果	1号機原子炉建屋 ボーリングデータ	1号機原子炉建屋 PS 検層結果		標高-250m 以浅 の設定値を用いる
-430	560					
-990	1210	弾性波 探査結果	$\rho = 0.31Vp^{1/4}$ 物理探査 ハンドブック (1999)	Vp と Vs の関係式 により設定 太田ほか(1985)	弾性波 探査結果	
-2200	-	-	防災科学技術研究所(2005)			

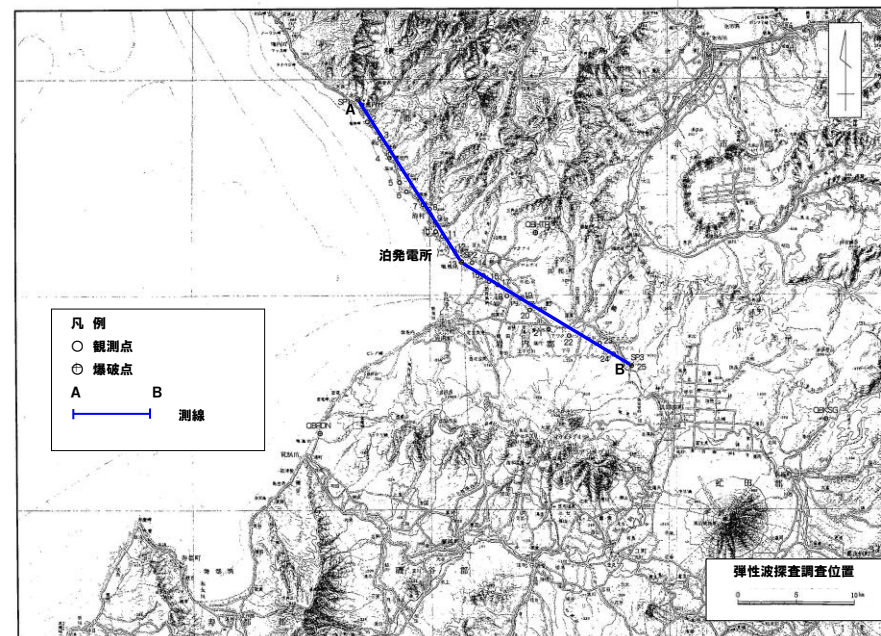
# 4. 地下構造モデルの設定

## 地下構造モデルの設定に用いた調査結果

### ボーリング調査



### 敷地周辺で実施した弾性波探査



弾性波探査位置図

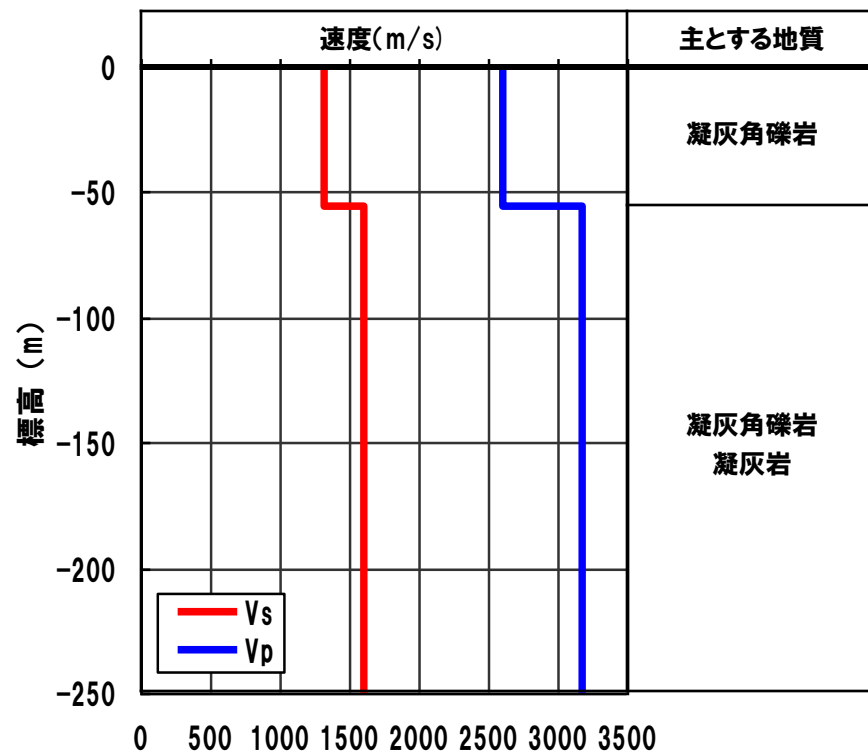
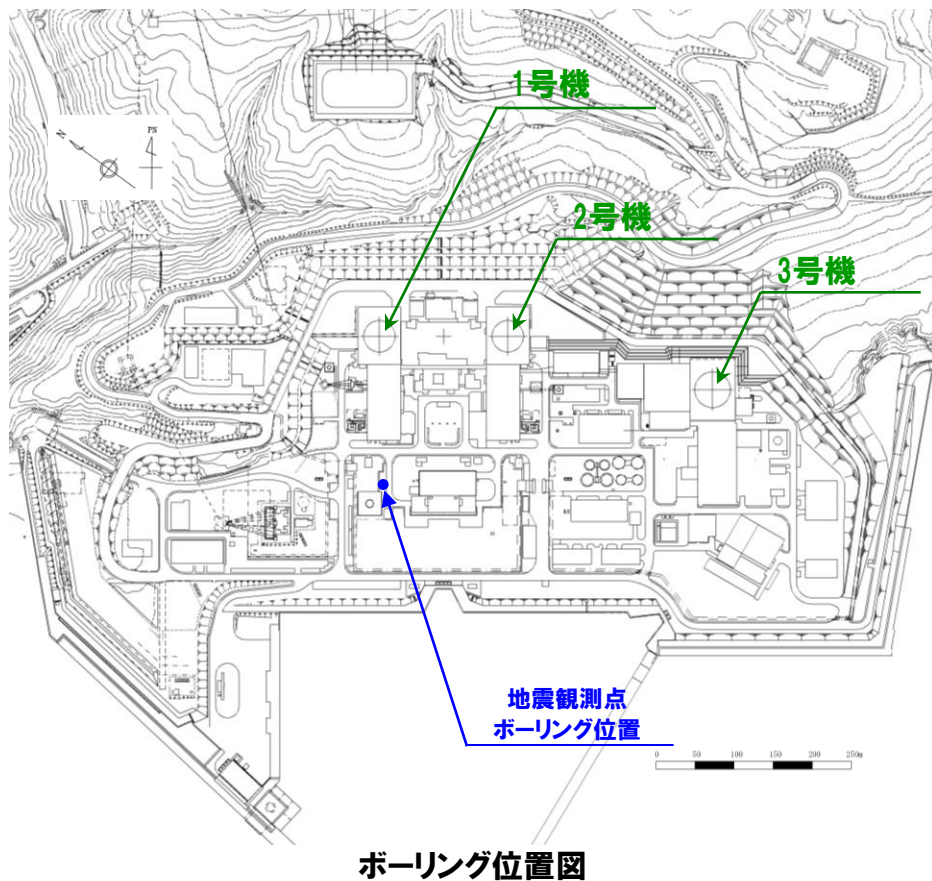
## 4. 地下構造モデルの設定

地下構造モデルの設定方法(統計的グリーン関数法)

標高 (m)	層厚 (m)	密度 $\rho$ (g/cm <sup>3</sup> )	S波速度 Vs (m/s)	P波速度 Vp (m/s)	Q値
0	56	地震観測点 ボーリングデータ	地震観測記録による同定解析結果 (初期値は PS 検層結果)	地震観測記録による同定解析結果を基に 安全側に設定	
-56	194				
-250	180	1号機原子炉建屋 PS 検層結果	1号機原子炉建屋 ボーリングデータ	1号機原子炉建屋 PS 検層結果	標高-250m 以浅 の設定値を用いる
-430	560				
-990	1210	弾性波 探査結果	$\rho = 0.31V_p^{1/4}$ 物理探査 ハンドブック (1999)	Vp と Vs の関係式 により設定 太田ほか(1985)	弾性波 探査結果
-2200	-	-	防災科学技術研究所(2005)		

# 4. 地下構造モデルの設定

## 地震観測点PS検層結果



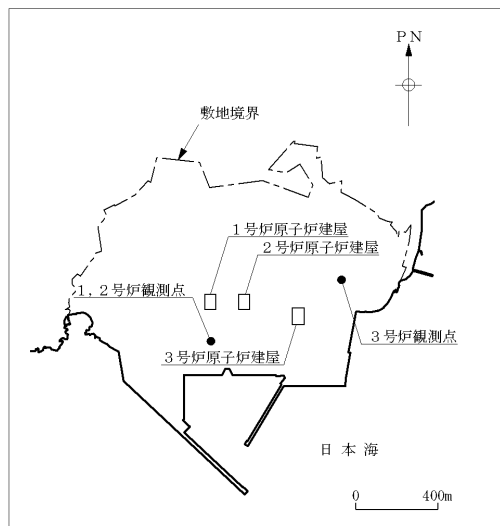
地震観測点PS検層結果

# 4. 地下構造モデルの設定

## 地震観測記録を用いた地盤の同定解析

● 標高0m～-250mは地震観測記録を用いた同定解析により地下構造モデル(P波速度, S波速度)を設定 [初期値はPS検層結果]

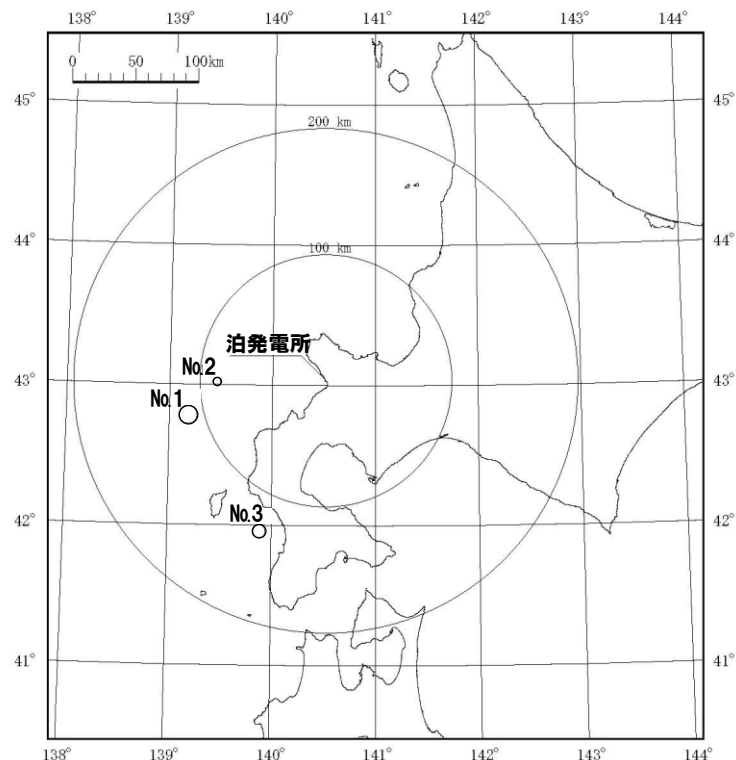
### 同定解析に用いた地震観測記録



配置図

標高 (m)	1, 2号炉観測点	
	地震計	地層
+10	○	埋戻し土
+2.3		
-90	○	神恵内層
-250	○	

地震計の設置レベル



No.	年月日	震央位置		深さ (km)	マグニチュード M	震央距離 (km)	地名 (地震名)
		東経 (°)	北緯 (°)				
1	1993. 7.12	139° 10.8′	42° 46.9′	35.1	7.8	113	北海道南西沖 (1993年北海道南西沖地震)
2	1993. 7.12	139° 27.4′	43° 01.3′	34.5	5.4	86	北海道南西沖 (1993年北海道南西沖地震・余震)
3	1993. 8. 8	139° 52.9′	41° 57.5′	23.7	6.3	131	北海道南西沖 (1993年北海道南西沖地震・最大余震)

※ 1, 2号炉観測点で観測  
 ※ 地震の諸元は気象庁地震カタログ



# 4. 地下構造モデルの設定

## 地震観測記録を用いた地盤の同定解析

- 標高0m～-250mのP波速度, S波速度及び減衰定数について, 地震観測記録の観測点間のフーリエ振幅スペクトル比に適合するように同定
- 解析手法は, 佐藤他(1994)による
- 密度はボーリングデータ, 層厚及び層数はPS検層結果に基づき設定
- P波速度及びS波速度の初期値はPS検層結果に基づき設定
- 減衰定数は周波数依存型減衰

$$h(f) = h_0 \times f^{-\alpha}$$

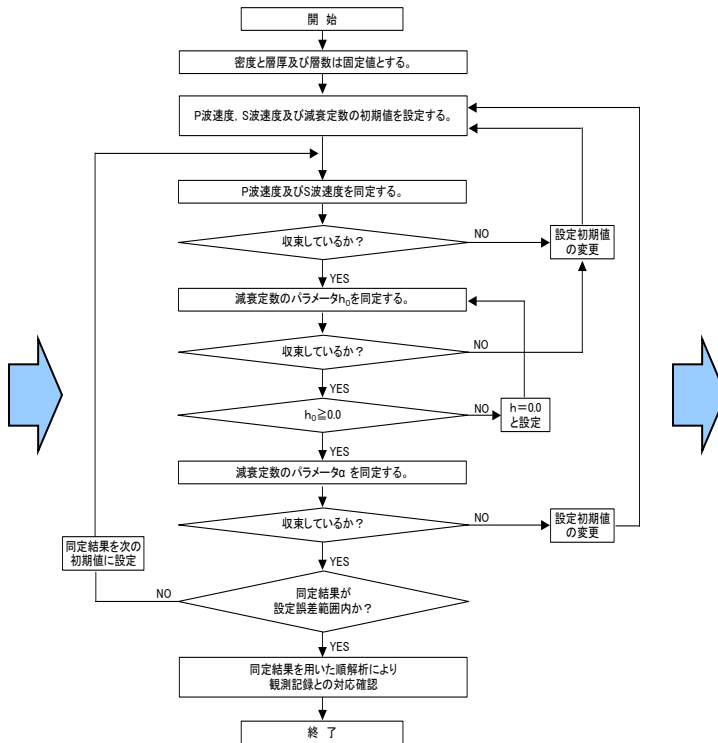
f : 周波数

$h_0$  : 1Hzにおける減衰定数

$\alpha$  : 周波数依存の度合い

標高(m)	層厚(m)	S波速度(m/s)	P波速度(m/s)	密度(g/cm <sup>3</sup> )	観測点
+ 10					○ 標高+10m
+ 2.3	10	480	1250	1.8	○ 標高+2.3m
± 0.0					
	56	1320	2600	2.1	
- 56					
					○ 標高-90m
- 90					
	194	1600	3170	2.2	
- 250					○ 標高-250m

同定解析に用いた地盤モデル[初期値]



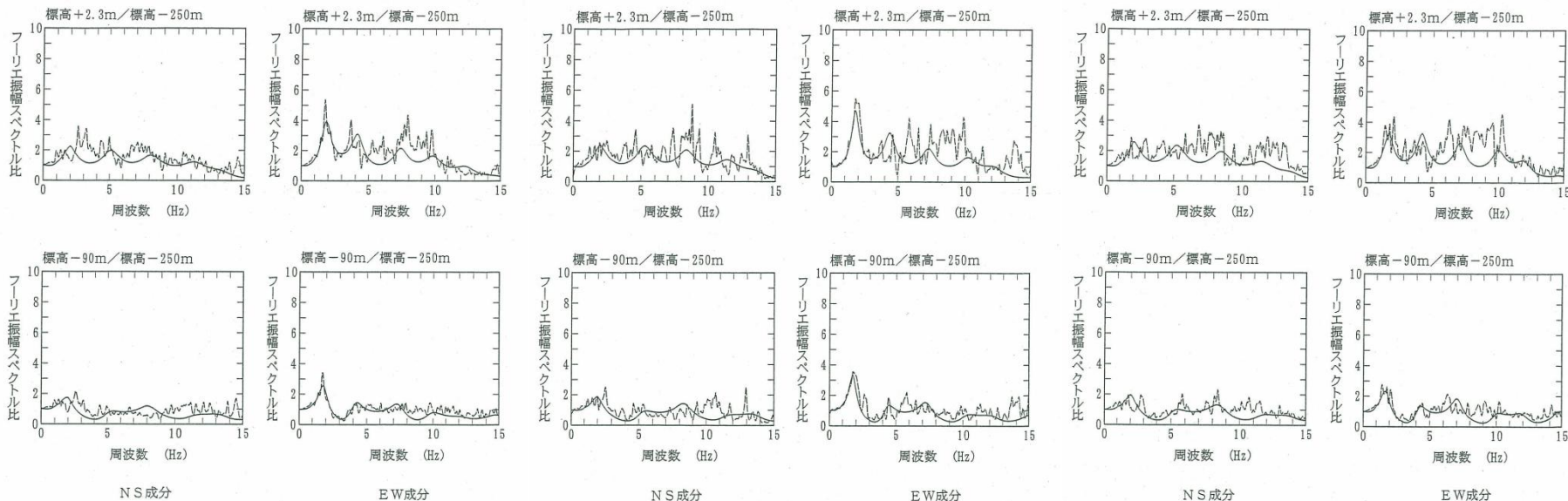
P波速度, S波速度及び減衰定数の同定解析手順

標高(m)	層厚(m)	S波速度(m/s)	P波速度(m/s)	密度(g/cm <sup>3</sup> )	観測点
+ 10					○ 標高+10m
+ 2.3	10	480	1250	1.8	○ 標高+2.3m
± 0.0					
	56	1175	2660	2.1	
- 56					
					○ 標高-90m
- 90					
	194	1935	3230	2.2	
- 250					○ 標高-250m

同定解析結果による地盤モデル

# 4. 地下構造モデルの設定

## 地震観測記録を用いた地盤の同定解析結果



破線: No.1 1993年北海道南西沖地震の  
観測記録のフーリエ振幅スペクトル比  
実線: 同定された地盤モデルによるフーリエ振幅スペクトル比

同定解析結果

(No.1 1993年北海道南西沖地震)

破線: No.2 1993年北海道南西沖地震余震の  
観測記録のフーリエ振幅スペクトル比  
実線: 同定された地盤モデルによるフーリエ振幅スペクトル比

同定解析結果

(No.2 1993年北海道南西沖地震・余震)

破線: No.3 1993年北海道南西沖地震最大余震の  
観測記録のフーリエ振幅スペクトル比  
実線: 同定された地盤モデルによるフーリエ振幅スペクトル比

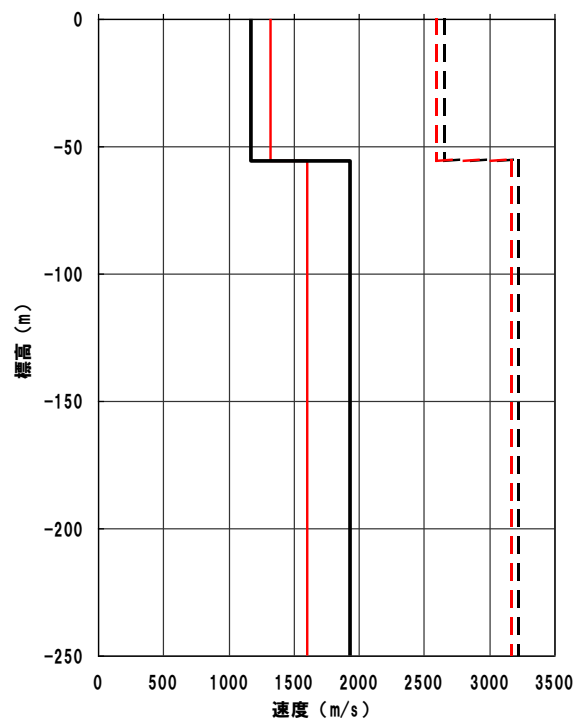
同定解析結果

(No.3 1993年北海道南西沖地震・最大余震)

# 4. 地下構造モデルの設定

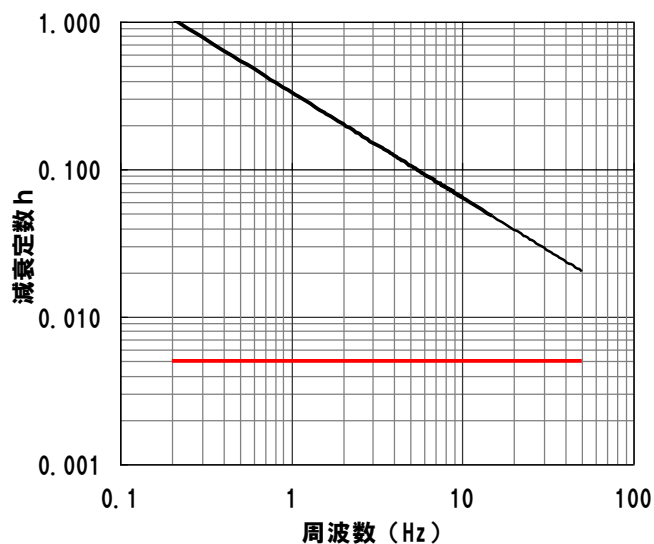
## 地震観測記録を用いた地盤の同定解析

### P波速度, S波速度



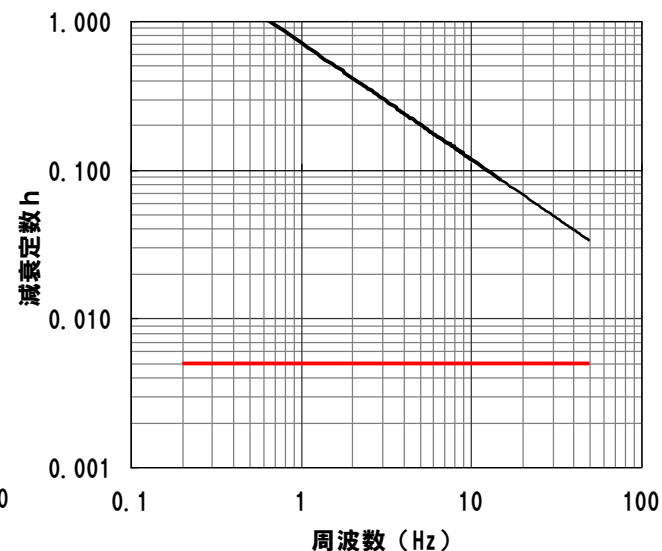
- 同定解析結果(S波速度)
- - - 同定解析結果(P波速度)
- PS検層結果(S波速度)
- - - PS検層結果(P波速度)

### 減衰定数h(水平)



- 同定解析結果( $h(f)=0.33 \times f^{-0.71}$ )
- Q値100( $h=0.005$ )

### 減衰定数h(鉛直)



- 同定解析結果( $h(f)=0.72 \times f^{-0.79}$ )
- Q値100( $h=0.005$ )

- 同定解析によるP波速度・S波速度の傾向は、PS検層結果と概ね整合
- 同定解析によるP波速度・S波速度を用いて、標高-250m以浅の地下構造モデルを設定

- 同定解析により得られた減衰定数は大きめの値となっている
- 地下構造モデルの設定では、同定解析により得られた減衰定数を基に、地震動評価上安全側にQ値=100(減衰定数 $h=0.005$ )としている

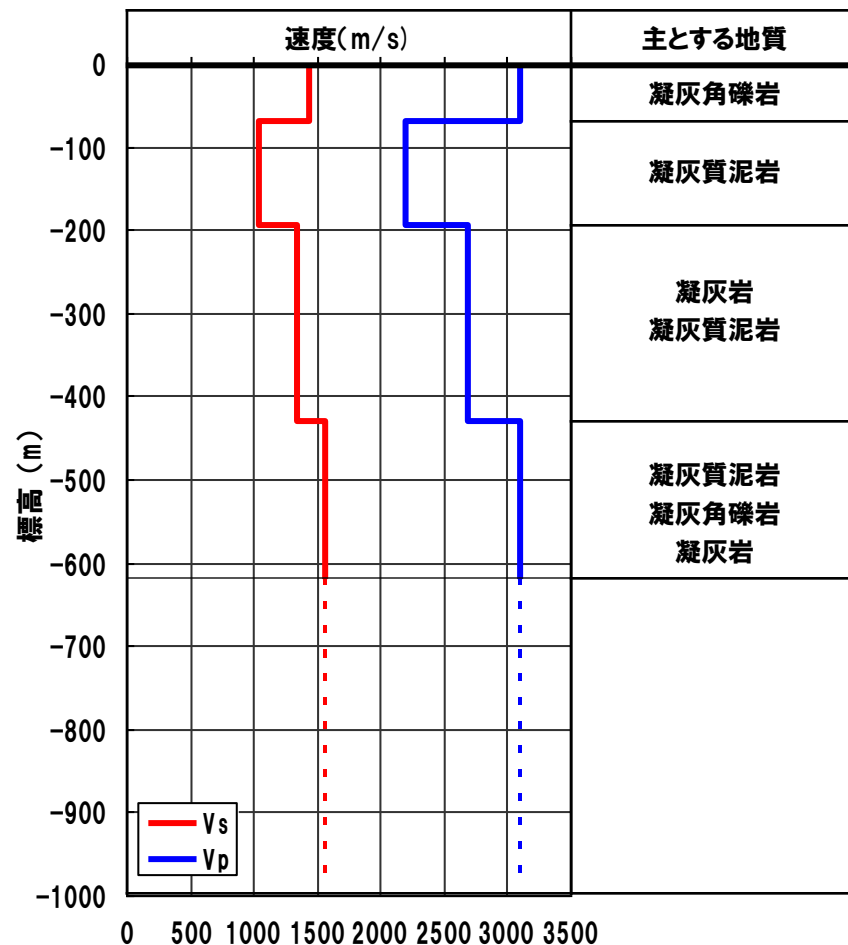
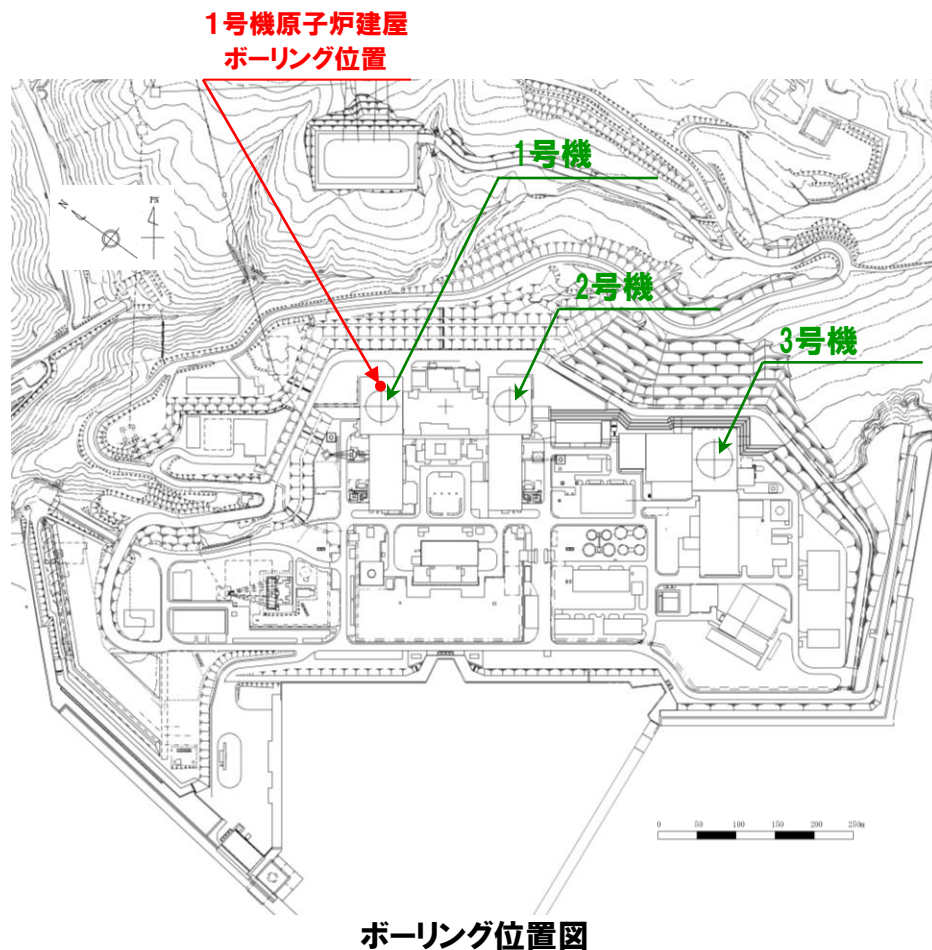
## 4. 地下構造モデルの設定

地下構造モデルの設定方法(統計的グリーン関数法)

標高 (m)	層厚 (m)	密度 $\rho$ (g/cm <sup>3</sup> )	S波速度 Vs (m/s)	P波速度 Vp (m/s)	Q値	
0	56	地震観測点 ボーリングデータ	地震観測記録による同定解析結果 (初期値はPS検層結果)	地震観測記録による同定解析結果 (初期値はPS検層結果)	地震観測記録による 同定解析結果を基に 安全側に設定	
-56	194					地震観測点 PS検層結果
-250	180	1号機原子炉建屋 ボーリングデータ	1号機原子炉建屋 PS検層結果	1号機原子炉建屋 PS 検層結果	標高-250m 以浅 の設定値を用いる	
-430	560					1号機原子炉建屋 PS 検層結果
-990	1210	弾性波 探査結果	$\rho = 0.31Vp^{1/4}$ 物理探査 ハンドブック (1999)	VpとVsの関係式 により設定 太田ほか(1985)	弾性波 探査結果	標高-250m 以浅 の設定値を用いる
-2200	-	-	防災科学技術研究所(2005)			

# 4. 地下構造モデルの設定

## 1号機原子炉建屋PS検層結果



●地下構造モデルの設定においては、PS検層結果の最下層(標高-430m~-620m)のP波速度3100m/sが弾性波探査によるP波速度3000m/s層(~標高-990m)と整合していることを確認し、標高-990mまで続くものとして設定している。

## 4. 地下構造モデルの設定

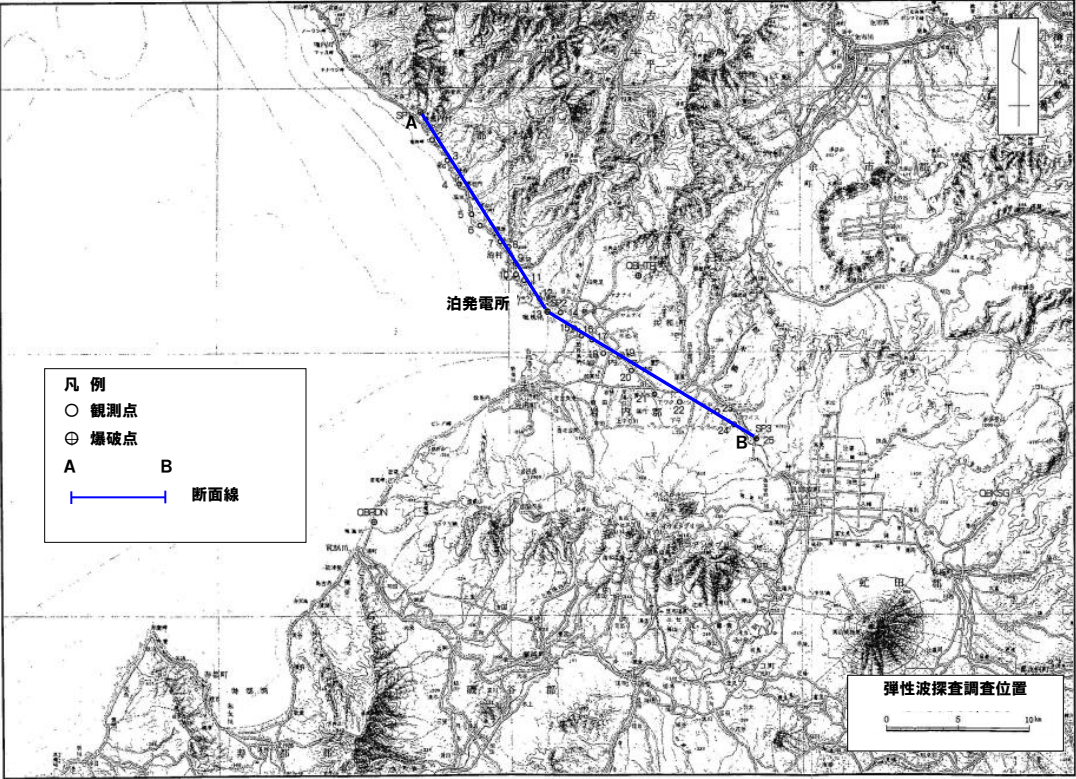
地下構造モデルの設定方法(統計的グリーン関数法)

標高 (m)	層厚 (m)	密度 $\rho$ (g/cm <sup>3</sup> )	S波速度 Vs (m/s)	P波速度 Vp (m/s)	Q値
0	56	地震観測点 ボーリングデータ	地震観測記録による同定解析結果 (初期値はPS検層結果)	地震観測記録による同定解析結果 (初期値はPS検層結果)	地震観測記録による同定解析結果を基に 安全側に設定
-56	194				
-250	180	1号機原子炉建屋 ボーリングデータ	1号機原子炉建屋 ボーリングデータ	1号機原子炉建屋 PS 検層結果	標高-250m 以浅 の設定を用いる
-430	560				
-990	1210	$\rho = 0.31Vp^{1/4}$ 物理探査 ハンドブック (1999)	VpとVsの関係式 により設定 太田ほか(1985)	弾性波 探査結果	標高-250m 以浅 の設定を用いる
-2200	-	-	防災科学技術研究所(2005)		



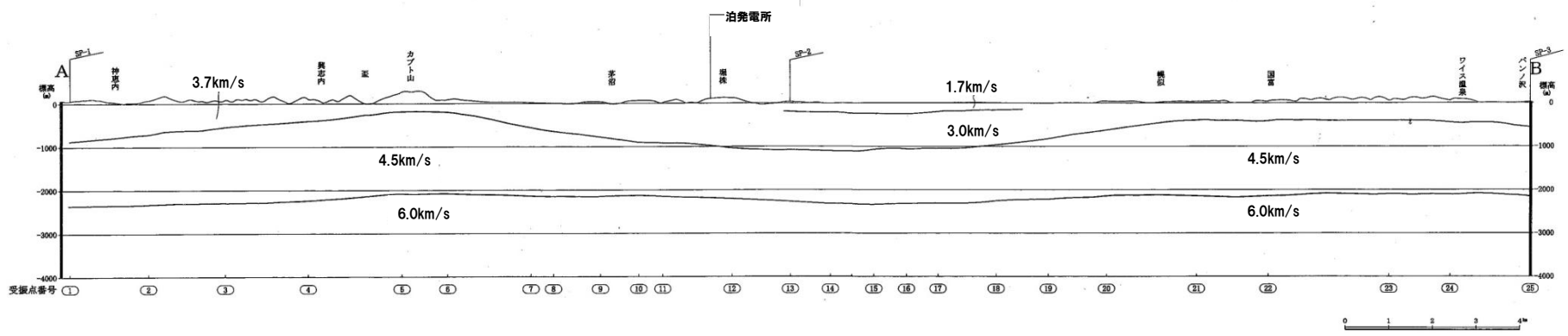
# 4. 地下構造モデルの設定

## 敷地周辺で実施した弾性波探査結果



測線長	:約33km
観測点数	:25点
観測点間隔	:中央部約1km、周辺部約2km

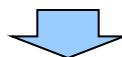
● 標高-2200mで地震基盤とみなせるP波速度6.0km/sの層がみられる



## 4. 地下構造モデルの設定

地下構造モデルの設定方法(統計的グリーン関数法)

標高 (m)	層厚 (m)	密度 $\rho$ (g/cm <sup>3</sup> )	S波速度 Vs (m/s)	P波速度 Vp (m/s)	Q値
0	56	地震観測点 ボーリングデータ	地震観測記録による同定解析結果 (初期値はPS検層結果)	地震観測記録による同定解析結果 (初期値はPS検層結果)	地震観測記録による同定解析結果を基に 安全側に設定
-56	194				
-250	180	1号機原子炉建屋 ボーリングデータ	1号機原子炉建屋 ボーリングデータ	1号機原子炉建屋 PS 検層結果	標高-250m 以浅の 設定値を用いる
-430	560				
-990	1210	$\rho = 0.31Vp^{1/4}$ 物理探査 ハンドブック(1999)	VpとVsの関係式 により設定 太田ほか(1985)	弾性波 探査結果	
-2200	-	-	防災科学技術研究所(2005)		



統計的グリーン関数法に用いた地下構造モデル

標高 (m)	層厚 (m)	密度 $\rho$ (g/cm <sup>3</sup> )	S波速度 Vs (m/s)	P波速度 Vp (m/s)	Q値
0	56	2.1	1175	2660	100
-56	194	2.2	1935	3230	100
-250	180	1.9	1350	2700	100
-430	560	1.9	1560	3100	100
-990	1210	2.5	2400	4500	100
-2200	-	2.8	3500	6400	150

# 4. 地下構造モデルの設定

## 統計的グリーン関数法に用いた地下構造モデル

●PS検層結果、弾性波探査結果などを基に、敷地の地震観測記録に基づき設定

標高 (m)	層厚 (m)	密度 $\rho$ (g/cm <sup>3</sup> )	S波速度 Vs (m/s)	P波速度 Vp (m/s)	Q値
0	56	2.1	1175	2660	100
-56	194	2.2	1935	3230	100
-250	180	1.9	1350	2700	100
-430	560	1.9	1560	3100	100
-990	1210	2.5	2400	4500	100
-2200	-	2.8*	3500*	6400*	150*

※ -2200m以深の物性値については(独)防災科学技術研究所(2005)による

## 理論的手法に用いた地下構造モデル

- 標高-2200m以浅については、統計的グリーン関数法に用いる地下構造モデルと同様
- 標高-2200m以深については、(独)防災科学技術研究所(2005)による強震動評価において作成された地下構造モデル等を参考に設定

### 内陸地殻内地震

標高 (m)	層厚 (m)	密度 $\rho$ (g/cm <sup>3</sup> )	S波速度 Vs (m/s)	P波速度 Vp (m/s)	Q値
0	56	2.1	1175	2660	100
-56	194	2.2	1935	3230	100
-250	180	1.9	1350	2700	100
-430	560	1.9	1560	3100	100
-990	1210	2.5	2400	4500	100
-2200	17800	2.8*	3500*	6400*	150*
-20000*	10000	3.0*	3800*	6900*	150*
-30000*	-	3.4*	4500*	8000*	600*

※(独)防災科学技術研究所(2005)による

### 日本海東縁部の地震

標高 (m)	層厚 (m)	密度 $\rho$ (g/cm <sup>3</sup> )	S波速度 Vs (m/s)	P波速度 Vp (m/s)	Q値
0	56	2.1	1175	2660	100
-56	194	2.2	1935	3230	100
-250	180	1.9	1350	2700	100
-430	560	1.9	1560	3100	100
-990	1210	2.5	2400	4500	100
-2200	2800	2.8* <sup>1</sup>	3500* <sup>1</sup>	6400* <sup>1</sup>	150* <sup>1</sup>
-5000* <sup>2</sup>	35000	2.9* <sup>2</sup>	3800* <sup>2</sup>	6900* <sup>1</sup>	150* <sup>1</sup>
-40000* <sup>2</sup>	-	3.4* <sup>1</sup>	4500* <sup>1</sup>	8000* <sup>1</sup>	600* <sup>1</sup>

※<sup>1</sup>(独)防災科学技術研究所(2005)による

※<sup>2</sup>Mendoza and Fukuyama(1996)による